



Kauno technologijos universitetas
Statybos ir architektūros fakultetas

Geografinės informacinės sistemos duomenų panaudojimo analizė metro stočių statybos vietos nustatymui

Magistro baigiamasis projektas

Matas Švenčionis
Projekto autorius

Doc. dr. Donatas Rekus
Vadovas

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas
Statybos ir architektūros fakultetas

Geografinės informacinės sistemos duomenų panaudojimo analizė metro stočių statybos vietos nustatymui

Magistro baigiamasis projektas
Statybos valdymas (6211EX007)

Matas Švenčionis
Projekto autorius

Doc. dr. Donatas Rekus
Vadovas

Doc. dr. Vilma Kriaučiūnaitė – Neklejonovienė
Recenzentė

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas

Statybos ir architektūros fakultetas

Matas Švenčionis

Geografinės informacinės sistemos duomenų panaudojimo analizė metro stočių statybos vietos nustatymui

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Mato Švenčionio, baigiamasis projektas tema „Geografinės informacinės sistemos duomenų surinkimo metodų bei jų panaudojimo analizė metro stočių statybos vietos nustatymui“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

Magistro baigiamojo projekto užduotis

Studijų programa: STATYBOS VALDYMAS (6211EX007)

Baigiamojo projekto tema (lietuvių k.):
GIS DUOMENŲ PANAUDOJIMO ANALZINĖ METRO STOČIŲ STATYBOS VIETOS
NUSTATYMU

Baigiamojo projekto tema patvirtinta dekanų potvarkiu Nr.: V25-09-20

(lietuvių k.):
GIS DUOMENŲ PANAUDOJIMO ANALZINĖ METRO STOČIŲ STATYBOS VIETOS
NUSTATYMU

(anglų k.):
ANALYSIS OF THE GIS DATA TO DETERMINE THE CONSTRUCTION SITE OF METRO
STATIONS

Pradiniai duomenys darbui (pagal poreikį):

Baigiamojo projekto dalys:

	Atlikti
Įvadas	x
Literatūros apžvalga	x
Metodologija	x
Eksperimentiniai tyrimai	<input type="checkbox"/>
Analitiniai tyrimai	<input type="checkbox"/>
Skaitiniai tyrimai	<input type="checkbox"/>
Ekonominė dalis	<input type="checkbox"/>
Išvados	x

Kita informacija (pagal poreikį), susitikimų su vadovu savaitės diena (-os) bei laikas:

Vadovas: Doc. dr. Donatas Rekus parašas
(indėlis 100 %) *pareigos, vardas, pavardė*

Studentas: Matas Švenčionis parašas
vardas, pavardė

Matas Švenčionis. Geografinės informacinės sistemos duomenų panaudojimo analizė metro stočių statybos vietos nustatymui. Magistro studijų baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Donatas Rekus; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Studijų krypčių grupė: inžinerijos mokslai, Statybos inžinerija (E05).

Reikšminiai žodžiai: GIS, metro stotis, analizė, vertinimo kriterijai, alternatyva.

Kaunas, 2021. 86 psl.

Santrauka

Baigiamajame magistro projekte analizuojami GIS duomenų tipai bei skirtingi šių duomenų surinkimo metodai. Apžvelgta GIS istorija ir duomenų panaudojimas statybose, projektavime ir statybos valdymo srityse. Atlikta GIS duomenų tinkamumo ir panaudojimo apžvalga, tikslumas bei netikslumų priežastys.

Tiriamajoje dalyje nagrinėtas tinkamiausias metro statybos vietos nustatymo reikšmingumo kriterijus. Nagrinėjant teorinį ir ekspertinį kriterijų reikšmingumą galutiniams skaičiavimams buvo priimtas ekspertinis kriterijų reikšmingumas, kurio skaičiavimais iš 5 vertinimo kriterijų buvo nustatyta, kad reikšmingiausias vertinimo kriterijus yra antžeminis susisiekimo patogumas su viešuoju transportu (balais).

Atliktas analizuojamų metro statybos vietos nustatymas panaudojant GIS duomenis, remiantis sudaryta vertinimo kriterijų sistema ir naudojant artumo idealiam taškui metodą panaudojus ekspertinį kriterijų reikšmingumą. Buvo nustatyta kuri iš 12 pateiktų alternatyvų yra naudingiausias ir geriausia.

Darbas susideda iš įvado, 3 skyrių, išvadų ir priedų. Darbo apimtis – 85 puslapiai, 49 paveikslų, 19 lentelių, 41 literatūros šaltinių ir 4 priedų.

Matas Švenčionis. The Analysis of Geographic Information System Data Usage to Determine the Construction Site of Metro Stations. Master's thesis in construction/ supervisor Doc. dr. Donatas Rekus; Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.

Study field group: Engineering Sciences, Civil Engineering (E05).

Keywords: GIS, metro station, analysis, evaluation criteria, alternative.

Kaunas, 2021. 86 p.

Summary

The final master's project analyses the types of GIS data and different methods of collecting this data. The history of GIS and the use of data in construction, design and construction management are reviewed. An overview of the adequacy and use of GIS data, accuracy and reasons for inaccuracies were performed.

The most appropriate criterion for determining the significance of the metro construction site is examined in the research part. Analysing the theoretical and expert significance of the criteria for the final calculations, the expert significance of the criteria was adopted, according to the calculations of which 5 of the evaluation criteria it was determined that the most significant evaluation criterion is ground transport convenience with public transport (points).

The location of the analysed subway construction was determined using GIS data, based on the system of evaluation criteria and using the method of proximity to the ideal point, using the expert significance of the criteria. It was determined which of the 12 presented alternatives is the most useful and the best.

The work consists of an introduction, 3 chapters, conclusions and appendices. Thesis consists of 85 pages, 49 figures, 19 tables, 41 references and 4 annexes.

Lentelių sąrašas	8
Paveikslų sąrašas	9
Santrumpų ir terminų sąrašas	11
Įvadas.....	12
1. Literatūros apžvalga	13
1.1. Bendrosios žinios apie GIS	13
1.1.1. Kas yra GIS?.....	13
1.1.2. GIS istorija.....	14
1.1.3. GIS pritaikymas statybos valdyme	15
1.1.4. GIS taikymas statybos saugos planavime.....	17
1.2. GIS atvaizdavimas ir duomenų modeliai	19
1.2.1. Rastrinis duomenų modelis	19
1.2.2. Vektorinis duomenų modelis.....	20
1.2.3. TIN duomenų modelis	21
1.3. Pirminių GIS duomenų rinkimas.....	22
1.3.1. Rastrinių duomenų rinkimas.....	22
1.3.2.1 Geodeziniai matavimai	22
1.3.2.2 GPS koordinačių geometrija.....	22
1.4. Antrinis GIS duomenų rinkimas.....	23
1.4.1. Rastrinių duomenų rinkimas naudojant skenerius.....	23
1.4.2. Antrinis vektorinis duomenų rinkimas	24
1.4.2.1 Fotogrametrija	24
1.4.2.2 COGO blokai.....	24
1.5. GIS duomenų tikslumas	25
1.5.1. GIS duomenų tinkamumas ir tikslumas	25
1.5.2. GIS duomenų netikslumų priežastys	26
2. Tiriamoji dalis.....	29
2.1. Vertinimo kriterijų parinkimas	30
2.2. Analizuojamų metro stočių vietų situacijos planas	31
2.3. Esamų stočių kiekybinių bei kokybinių rodiklių skaičiavimas	32
2.3.1. Medžių pašalinimas metro stočių statybos vietose.....	32
2.3.2. Vidutinis pastatų aukštingumas (m) aplinkui metro stotis	32
2.3.3. Uolienų kiekis (m ³) pasirinktoje vietoje.....	33
2.3.4. Antžeminis vietos susisiekimo patogumas (balais).....	34
2.3.5. Vietos saugumas (balais).....	41
2.4. Taikomi tyrimo metodai	53
3. Tyrimų rezultatai.....	54
3.1. Apklauskos anketos duomenų analizė.....	54
3.2. Metro stočių statybos vietos kriterijų reikšmingumas taikant entropijos metodą	57
3.3. Geriausios metro statybos vietos nustatymas, taikant ekspertinį kriterijų reikšmingumo vertinimą.....	59
3.4. Metro stočių statybos vietos racionalaus sprendimo parinkimas taikant daugiakriterinį naudingą vertės metodą	59

3.5. Geriausios metro statybos vietos nustatymas, taikant artumo idealiam taškui metodą naudojant ekspertinį kriterijų reikšmingumo vertinimą	61
Išvados	64
Literatūros sąrašas	65
Priedai.....	68
1 priedas. Analizuojamų metro stočių planai	68
2 priedas. Pašalinamų medžių kiekiai plane, metro stočių statybos vietose	74
3 priedas. Pastatų aukštingumas aplinkui metro stočių įėjimo vietas	80
4 priedas. Pašalinamų uolienų kiekis metro stočių statybos vietose ataskaita	86

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Turimi GIS duomenys	30
2 lentelė. Pašalinamų medžių kiekis (vnt.) įrenginėjamų stočių vietose	32
3 lentelė. Pastatų aukštingumas aplinkui analizuojamų metro stočių vietas.....	33
4 lentelė. Pašalinamų uolienu kiekis (m ³) metro stočių vietose	33
5 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagastaden pietinės metro stoties.....	41
6 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagastaden šiaurinės metro stoties.....	42
7 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagastaden 1 alternatyvos metro stoties.....	43
8 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagastaden 2 alternatyvos metro stoties.....	44
9 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagalund pietinės metro stoties	45
10 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagalund šiaurinės metro stoties.....	46
11 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagalund 1 alternatyvos metro stoties.....	47
12 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagalund 2 alternatyvos metro stoties.....	48
13 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Arenastaden pietinės metro stoties.....	49
14 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Arenastaden šiaurinės metro stoties.....	50
15 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Arenastaden 1 alternatyvos metro stoties.....	51
16 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Arenastaden 2 alternatyvos metro stoties.....	52
17 lentelė. Analizuojamų metro stočių statybos vietų apskaičiuoti ir išanalizuoti duomenys.....	57
18 lentelė. Analizuojamų metro stočių bei jų alternatyvų duomenys	59
19 lentelė. Analizuojamų metro stočių bei jų alternatyvų duomenys kartu su ekspertiniu kriterijų reikšmingumo vertinimu	61

Paveikslų sąrašas

1 pav. Kas yra GIS [5]	13
2 pav. John Snow's choleros žemėlapis [9]	14
3 pav. Kartografija rankomis [7].....	15
4 pav. 4D GIS modelio kūrimo schema [12]	16
5 pav. Metro sistemų potvynių rizikos įvertinimo procedūra [15].....	18
6 pav. Modelis pagrįstas GIS, sukurtas metodikai įgyvendinti [16].....	19
7 pav. Trikampių, kvadratų ir šešiakampių formos, kurios gali būti naudojamos kaip pagrindas rastriniame modelyje [17].....	19
8 pav. (a) geležinkelio vektorinis simbolis ir (b) pievos ploto simbolis [34]	21
9 pav. Delfto, esančio Olandijoje, dalis TIN duomenų modelio [35].....	21
10 pav. Geodezinių matavimų COGO bloko pavyzdys [20]	25
11 pav. Tikslumo ir apibrėžtumo palyginimas [36].....	26
12 pav. Planuojami nauji metro linijų projektai Stokholme, Švedija [32].....	30
13 pav. Analizuojamų metro stočių vietų situacijos planas	31
14 pav. Hagastaden pietinės metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė.....	35
15 pav. Hagastaden 1 alternatyvos metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė	35
16 pav. Hagastaden šiaurinės metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė.....	36
17 pav. Hagastaden 2 alternatyvos metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė	36
18 pav. Hagalund pietinės metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė.....	37
19 pav. Hagalund 1 alternatyvos metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė.....	37
20 pav. Hagalund šiaurinės metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė.....	38
21 pav. Hagalund 2 alternatyvos metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė.....	38
22 pav. Arenastaden pietinės metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė	39
23 pav. Arenastaden 1 alternatyvos metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė	39
24 pav. Arenastaden šiaurinės metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė	40
25 pav. Arenastaden 2 alternatyvos metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė	40
26 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagastaden pietinės metro stoties laiko analizė.....	42
27 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagastaden šiaurinės metro stoties laiko analizė.....	43
28 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagastaden 1 alternatyvos metro stoties laiko analizė.....	44
29 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagastaden 2 alternatyvos metro stoties laiko analizė.....	45
30 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagalund pietinės metro stoties laiko analizė.....	46
31 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagalund šiaurinės metro stoties laiko analizė.....	47
32 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagalund 1 alternatyvos metro stoties laiko analizė.....	48

33 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagalund 2 alternatyvos metro stoties laiko analizė.....	49
34 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Arenastaden pietinės metro stoties laiko analizė.....	50
35 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Arenastaden šiaurinės metro stoties laiko analizė.....	51
36 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Arenastaden 1 alternatyvos metro stoties laiko analizė.....	52
37 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Arenastaden 2 alternatyvos metro stoties laiko analizė.....	53
38 pav. Respondentų darbo patirties statybos sektoriuje pasiskirstymas pagal išdirbtus metus.....	54
39 pav. Respondentų statybos sektoriaus darbo sritys	54
40 pav. Respondentų antžeminio susisiekimo svarbumo įvertinimas.....	55
41 pav. Respondentų pašalinamų uolienų kiekio svarbumo įvertinimas	55
42 pav. Respondentų aplinkui esančių pastatų aukštingumo reikšmingumo įvertinimas.....	56
43 pav. Respondentų stoties vietos saugumo reikšmingumo įvertinimas.....	56
44 pav. Respondentų pašalinamų medžių metro statybos vietoje svarbumo įvertinimas	57
45 pav. Analizuojamų metro stočių statybos vietos kriterijų reikšmingumas taikant teorinį entropijos metodą	58
46 pav. Analizuojamų metro stočių statybos vietos kriterijų reikšmingumas taikant teorinį entropijos metodą	59
47 pav. Analizuojamų metro stočių vietų naudingumas, kai neįvertintas kriterijų reikšmingumas .	60
48 pav. Analizuojamų metro stočių vietų naudingumas, įvertinus teorinį kriterijų reikšmingumą..	61
49 pav. Geriausios metro statybos vietos nustatymas, taikant artumo idealiam taškui metodą naudojant ekspertinį kriterijų reikšmingumo vertinimą	62

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

GIS – geografinės informacinės sistemos;

KP – kompiuterinis projektavimas;

MBP – magistro baigiamasis projektas;

TIN (Triangulated Irregular Network) – netaisyklingų trikampių tinklas;

CMP (Critical Path Method) – kritinio kelio metodas;

AHP – analitinis hierarchijos procesas;

I-AHP – intervalinis analitinis hierarchijos procesas;

DEM (Digital elevation model) – skaitmeninis 3D reljefo paviršiaus vaizdas;

EDI – erdvinių duomenų infrastruktūra;

Terminai:

Kartografija – žemėlapius, jų sudarinėjimo techniką tyrinėjantis mokslas.

Atributai – lentelės stulpeliai.

Vektorizacija – kompiuterijoje yra procesas paverčiantis kompiuterio programą iš skaliarinio realizavimo, kuris atlieka operacijas keliais operandais vienu laiku, į vektorizuotą programą, kur viena instrukcija gali įvykdyti daugialypes operacijas ar vektoriaus poras (gretimų verčių serija) operandus.

Esri – tarptautinis geografinės informacijos sistemos (GIS) programinės įrangos tiekėjas.

Mortono tvarka – daugialypiai duomenys vienoje dimensijoje, išsaugant duomenų taškų lokalumą.

Indeksas - pokyčiui matuoti vartojamas statistinis rodiklis.

Subindeksas – tiriamų reiškinių visumos dalies indeksas.

Verteksas – daugiakampio ar kitos figūros kampinis taškas.

Reperis – pastovus ženklas esantis virš jūros lygio vietovės vertikalinės nuotraukos taško aukščiui žymėti.

Fotogrametrija – geodezijos šaka, kuri, remdamasi fotografinių vaizdų matavimais, nustato įvairių žemės paviršiaus objektų formą, dydį, padėtį, sudaro planus ir žemėlapius.

Metaduomenys - tai yra informacija, kuri padeda suprasti išdėstymo struktūrą, semantiką, tarpusavio ryšius ir teisingai interpretuoti pateikiamus duomenis.

Įvadas

„Kaip iš graikų mitologijos mums žinoma Hidra, mistinė pabaisa vienu kūnu ir devyniomis galvomis, GIS turi vieną kūną (erdvinių duomenų saugyklą) ir daug galvų taikymo sričių), kurių kiekviena susijusi su kitokiu saugomų erdvinių duomenų panaudojimo būdu“[1]. Pasitelkdami šią erdvinę ir aprašomąją informacijos sistemą nesunkiai galime kaupti erdvinius duomenis, juos atvaizduoti, redaguoti bei analizuoti. Duomenų surinkimo metodų pasirinkimas yra platus, todėl metodas priklauso nuo situacijos bei reikalingos informacijos panaudojimo srities. Dabartinis GIS vystymasis yra suinteresuotas į universalumą, integralumą su kitomis sistemomis bei pritaikymą neprofesionaliam vartotojui.

Darbo autorius, daugiau nei 5 metų darbo patirtį turi statybos projektavimo srityje, todėl dirbant dažnai tenka susidurti su įvairiomis GIS formomis, kurios yra panaudojamos statybose. Tiek projektavime, tiek statybos darbuose yra naudojami ne tik surinkti geoinformacinei duomenys, tačiau ir kuriami nauji, padėsiantys atlikti reikalingus darbus. Statybos sferoje GIS duomenų informaciją gali mums padėti interpretuoti naujų projektuojamų objektų ar esamų analizę, kodėl buvo pasirinkta tam tikra vieta ar kokiu maršrutu yra į ją patenkama.

Šiuo darbu siekiama išanalizuoti turimus GIS duomenis, parinkti vertinimo kriterijus susijusius su GIS duomenimis bei atlikti Švedijoje projektuojamos geltonosios metro linijos (Nya tunnelbanan) esamų projektinių sprendinių analizę ir palyginimą su pateiktomis alternatyvomis bei nustatyti geriausią projektinę alternatyvą.

Darbo mokslinis naujumas – apie geografinės informacinės sistemas, jų duomenis bei atvaizdavimą aprašo Lietuvos [2] ir užsienio [3] mokslininkai, tačiau žinant, kad Lietuvoje šiuo metu dar tik sprendžiami klausimai dėl požeminio susisiekimo, todėl užsienio projektinių sprendinių analizė gali būti panaudojama būsimiems Lietuvos statybos projektams.

Darbo praktinis pritaikomumas – išanalizavus turimus GIS duomenis, kurie yra naudojami geltonosios metro linijos stočių Švedijoje projektavimui ir atlikus palyginimą su gautais MBP analizės rezultatais iš gautų išvadų galima sudaryti projektines rekomendacijas, kuriomis vadovaujantis galima būtų vykdyti statybos projektus Lietuvoje.

Darbo tikslas – naudojant GIS technologijas ir duomenis atlikti lauko duomenų surinkimo metodų, duomenų tipo analizę, erdvinių duomenų analizę geriausiai metro stoties vietai nustatyti.

Darbo uždaviniai:

1. Atlikti naujausios bei aktualiausios mokslinės literatūros analizuojamąją temą analizę.
2. Atlikti lauko duomenų surinkimo metodų, duomenų tipo, formatų bei duomenų surinkimo analizę.
3. Sudaryti vertinimo kriterijus nustatyti geriausiai metro stoties vietai panaudojant surinktus ir apdorotus GIS duomenis.
4. Atlikti gautų rezultatų analizės palyginimą nustatyti geriausiai metro stoties projektavimo vietai.

1. Literatūros apžvalga

1.1. Bendrosios žinios apie GIS

1.1.1. Kas yra GIS?

Tikriausiai tai dažniausiai užduodamas klausimas geografinių informacinių sistemų srityje ir turbūt sunkiausia į tai atsakyti glaustai ir aiškiai. GIS yra technologijų sritis apimanti geografines ypatybes, kuri skirta duomenų fiksavimui, jų tvarkymui, analizavimui bei saugojimui, kad būtų galima nustatyti, analizuoti ir įvertinti realaus pasaulio problemas. Nagrinėjant šį žodžių junginį paraidžiui tai „geo“ – reiškia, kad dalis duomenų yra susiję su žemės paviršiaus aspektais: fiziniaisiais (klimatas, dirvožemis, augalija), socialiniais ir demografiniais bei žmogaus sukurtais (pastatai, komunikacijos), todėl fiksuojami duomenys yra tam tikru būdu susiję su vietomis žemėje. „Grafija“ – nusako žemėje vykstančius procesus, kurie yra kaupiami GIS bei apdorojami kompiuterinės technikos (1 pav.). Šiuos procesus galima atvaizduoti linijomis, taškais, tam tikru plotu arba fiksuotą padėtį turinčiomis koordinatėmis. Kartu su šiais duomenimis yra pateikiami lentelių duomenys, vadinami atributų duomenimis. „Informacinė sistema“ – tai informacijos visuma, kuri yra pateikiama vartotojui, pradedant nuo jos surinkimo, sutvarkymo ir baigiant galutinio rezultato pateikimo.[2, 4]



1 pav. Kas yra GIS [5]

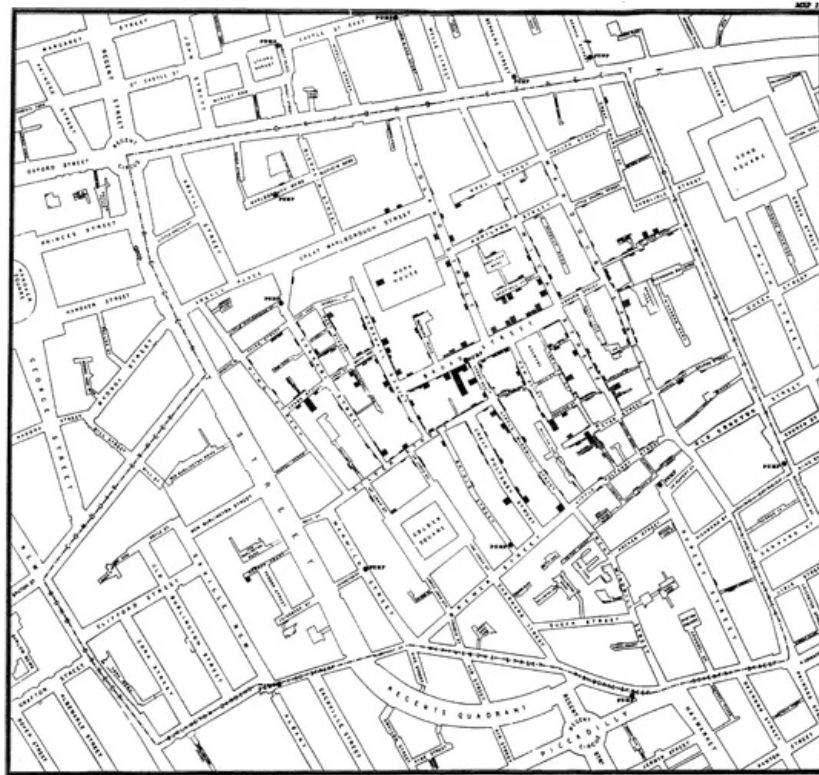
Duomenų erdvinis atvaizdavimas papildytas atributų duomenimis GIS paverčia veiksmingu problemų sprendimo įrankiu atliekant erdvinę analizę. Atributų ir geografinės informacijos galutinių rezultatų analizė gali būti išvestinė informacija, interpoliuota informacija arba prioritetinga informacija [4]. Naudojantis GIS galutiniais rezultatais galima atsakyti į šio nagrinėjamo darbo iškilusius klausimus:

- Ar buvo pasirinktos tinkamos vietos patekti į projektuojamas metro stotis?
- Ar pasirinktos vietos yra visapusiškai strategiškos?
- Ar buvo galima išsaugoti natūralų kraštovaizdį?
- Ar buvo galima sutaupyti statybos žemės darbų?

1.1.2. GIS istorija

1854m. Londone, Soho mieste kilo didžiulis choleros protrūkis – per tris dienas nuo ligos mirė daugiau kaip 120 žmonių. Gydytojas John Snow pasikalbėjęs su vietiniais gyventojais nubraižė mirusiųjų vietas žemėlapyje (2 pav.) ir rado, kad ligos židiny susibūręs aplink vandens siurblynę. Vandens siurblys buvo nebenaudojamas ir taip sustabdyta epidemija. Ši analizė yra garsi, nes laikoma:

- Pirmąją epidemiologinę analizę bandant suprasti atvejų plitimą pagal aplinkos veiksmus.
- Pirmąją geografinę ligos duomenų analizę pasitelkiant taškų ir santykių su jais žymėjimą žemėlapyje.



2 pav. John Snow's choleros žemėlapis [9]

1950m. Pabaigoje Kanados nacionalinės ir provincijų vyriausybės pradėjo išsamų tyrimą apie Kanados žemės aprašą, siekiant veiksmingiau naudoti, išsaugoti žemę ir remti gamtos išteklių valdymą. Dalyvaujančios organizacijos pažadėjo statistiką apie žemės kiekių įvairias savybes: pavyzdžiui, kiek žemės ūkio gamybos paskirties ploto yra nenaudojamas, tačiau turi pakankamai geros kokybės dirvožemį remti žemės ūkį. Tokia žemėlapių statistika gaminama rankiniu būdu (3 pav.) būtų labai nepatogi ir truktų laiko, todėl šią informaciją analizę kompiuterizavus, ji tapo ekonomiškai ir greitai. Tiriamas plotas buvo padalintas į dešimtis tūkstančių žemėlapių lapų, kiekvienas buvo aprašytas ir priskirtas vienai iš septynių temų, kurios skirstomos į netaisyklingos formos sritis. Viena tema gali turėti kelis tūkstančius tokių sričių. Kiekvienas žemėlapis buvo nuskaitytas naudojant aukštos skiriamosios gebos optinį skaitytuvą, tada vektorizuotas ir struktūrizuotas, kad duomenys būtų efektyviai apdorojami ir išsaugomi [6].



3 pav. Kartografija rankomis [7]

Šioje vietoje gali būti priimti keli dizaino sprendimai. Pirmiausia, vektoriniu pagrindu pateiktas vaizdas negali turėti neapibrėžtumo: nubrėžtos linijos iš įvesties žemėlapių atkartojo realią esamą padėtį. Sujungtos linijos sudarė plotus, kurie turėjo apibrėžtus atributus. Šiems sprendimams ateityje nebuvo leista pasikeisti. Antra, vektorinis atvaizdavimas ir jo duomenys buvo perkelti ant magnetinės juostelės. Paskutinė duomenų struktūra, kurios pagrindinis elementas yra atkarpa, kuri skiria du šalia esančius plotus, pasirodė labai galinga ir veiksmingai skaičiavo ploto algoritmus. Ši struktūra buvo plačiai pritaikyta pirmaisiais GIS egzistavimo metais, kurią įgyvendino Esri. Galiausiai žemėlapiai buvo išdėstyti kvadratinėmis gardelėmis ir išsaugoti juostose „Mortono“ tvarka. Buvo tikėtasi, kad kvadratinės gardelės esančios erdvėje, taip pat buvo gretimos ir juostose. Dabar Mortono tvarkiau geriau žinoma kaip Z tvarka ir labai plačiai naudojama kaip geoerdvinis indeksavimas [8].

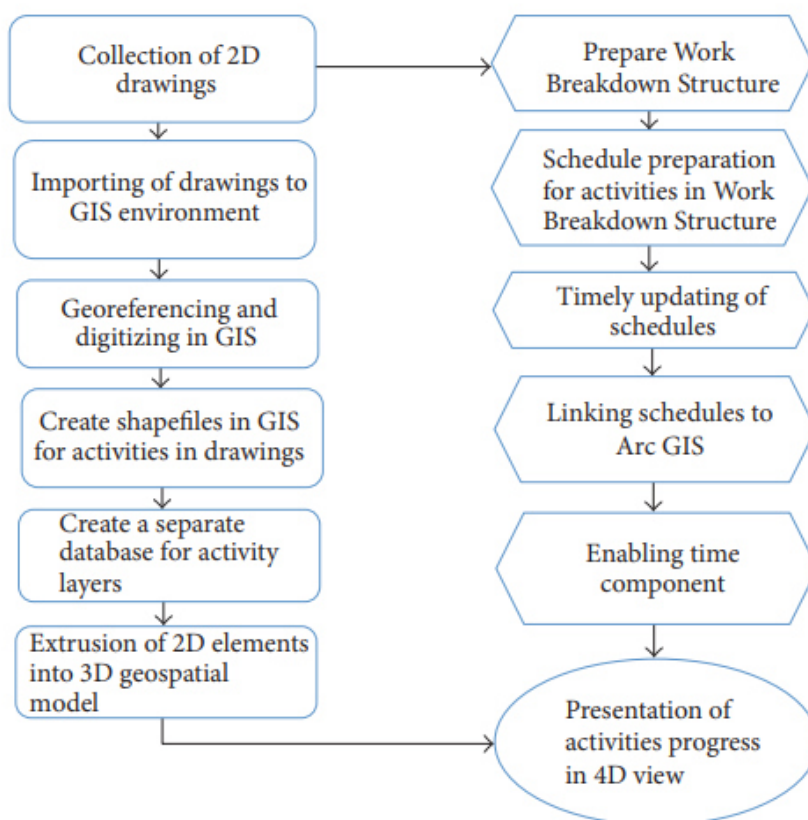
1.1.3. GIS pritaikymas statybos valdyme

Vienas iš pagrindinių statybos tikslų – priversti pasaulį veikti sukuriant infrastruktūrą visuomenės ir tautos palaikymui. Pastatų, kelių, užtvankų, tiltų, komunalinių paslaugų ir kitų formų infrastruktūra svarbūs ekonomikos vystymosi komponentai. Statyba apima visus problemų sprendimo aspektus, pradedant nuo problemų atpažinimo iki jų įgyvendinimo priimant veikiantį sprendimą. Paprastai laikoma, kad statybos įmonės, rangovai prisiima už projektų įvykdymą nustatytu laiku, kaina ir kokybe. Efektyvus statybos valdymas tampa svarbiu darbo aspektu [10].

Statybos pramonėje GIS yra naudojamas įvairiose srityse, tokiose kaip transportas, poveikio aplinkai vertinimas, miesto plėtra, išteklių valdymas, vietos parinkimas, žemės tyrimai ir kt. GIS ne tik pagreitina modeliavimo procesą ir duomenų gavimą iš įvairių šaltinių, bet ir užtikrina duomenų kaupimą. Geografinės informacinės sistemos sudaro veiksmingą pagrindą planuojant ir stebint statybų veiklą. Taip pat padeda miestų architektams bei projektuotojams modeliuoti ir įvertinti savo projekto poveikį aplinkai. Pripažindama GIS svarbą, statybos pramonė siekia paskatinti novatorišką statybos specialistų požiūrį į GIS taikymo sritis. Norėdami nuolat informuoti statybos specialistus ir mokslo bendruomenę apie GIS problemas ir pažangą, buvo išskelti šie tikslai [10, 11]:

- Apžvelgti galimas GIS technologijos taikymo sritis statybos projektams.
- Išryškinti būsimas tyrimų sritis, kurias verta tirti toliau.

Projektų stebėjimas yra saugaus etapo žingsnis statybų projektuose, kuris įspėja ir pataria organizacijoms apie statybų problemas ir vėlavimus. Tai apima su projektu susijusios informacijos rinkimo, analizės ir įrašymo procesus. Statybos vadovai planuodami naudoja šiuos metodus: brūkšninės diagramos, kritinio kelio metodas (CMP) ir programos įvertinimo bei peržiūros technika (PERT). Statybos planavimo įrankiai, tokie kaip „Microsoft project“ ir „Primavera“ dažniausiai naudojami įrenginėjant konstrukcijų tvarkaraštį. Planavimo įrankiai negali pateikti skaitmeninės informacijos (brėžinių) apie atitinkamus statybinius komponentus ir statybų veiksmus, kurie yra identifikuojami programinės įrangos planavimo programoje. Geresniam konstrukcijų sekos supratimui ir geresniam statybų proceso planavimo vizualizavimui naudoti 2D brėžinius ir integruotus dokumentus su atitinkamais komponentų tvarkaraščiais GIS programinėje įrangoje. Nauji GIS programinės įrangos patobulinimai yra tai, kad naudojamas laiko komponentas, kuris padeda planuotojams vaizduoti tikrus pasaulio komponentus. Naudodami 3D įvesties modelius ir CPM tvarkaraščius kaip įvestis, sąsają galite sukurti naudodami „GIS“ 4D modelį. GIS veikia kaip platforma, kurioje tiek erdviniai, tiek ne erdviniai duomenys, tai yra piešimo komponentai ir jų veiklos grafikai, yra integruoti sėkmingai įgyvendinti projektą, pateikiant gerą vizualizaciją. Pažangesni vizualizacijos būdai, tokie kaip 4D (3D geoerdvinis + laiko komponentas) ir virtualioji realybė, turėtų būti naudojami efektyviau vertinant ir perduodant informaciją apie statybų projekto tvarkaraštį. Todėl tampa lengva rasti grafiko klaidas, o mažą veiklą taip pat galima atlikti be jokių atidėliojimų. Šis 4D GIS vaizdas suteikia geresnę vizualizaciją statybos projekte ir palengvina planavimo seką bei vykdymą ir leidžia planuotojui vizualizuoti statybų procesą taip, kaip jis iš tikrųjų būtų pastatytas. [12].



4 pav. 4D GIS modelio kūrimo schema [12]

GIS integracija konstrukcijų grafiko sudarymui, kuriame galima atvaizduoti įvairius modelio kūrimo etapus (4 pav.). Norint gauti geresnę produkciją, privaloma turėti planus įvairiuose statybos projekto

etapuose. Šie brėžiniai gali būti kuriami tokioje skaitmeninėje aplinkoje kaip „AutoCAD“. GIS galima sukurti topologinę sluoksnių struktūrą, kaip nurodyta brėžiniuose. Importuoti brėžiniai yra pažymėti geografinę nuoroda iš visų pusių su atitinkamomis koordinatėmis ir suskaitmeninami į reikiamas formas sukuriant figūrų failus. Projektas bus suplanuotas atsižvelgiant į veiklas, išvardytas darbo suskirstymo struktūroje. Projekto valdymo programinė įranga PRIMAVERA buvo naudojama rengiant tvarkaraštį, kuriame nurodomos pradžios ir pabaigos datos, taip pat kritinis kelias, veiklos seka ir tarpusavio ryšiai. Tiek brėžiniuose, tiek tvarkaraščiuose turėtų būti ta pati savybė, klasės ir tie patys veiklos sluoksnių pavadinimai integracijai. Galutinį rezultatą galima peržiūrėti pateikiant 3D modeliavimą kartu su rodomu laiko juostos slankikliu. Sukurtą GIS taikymą galima naudoti pakartotinems darbų užduotims. Šiame etape brėžiniai pateikiami trimačiu vaizdu kartu su atitinkamais kiekvienos veiklos tvarkaraščiais, kurie leidžia geriau vizualizuoti statybų projektą ir suteikia galimybę geriau suprasti projekto seką. Galutinė išvestis vadinama 4D brėžiniu, tai yra 3D vaizdu kartu su laiko komponentu [12].

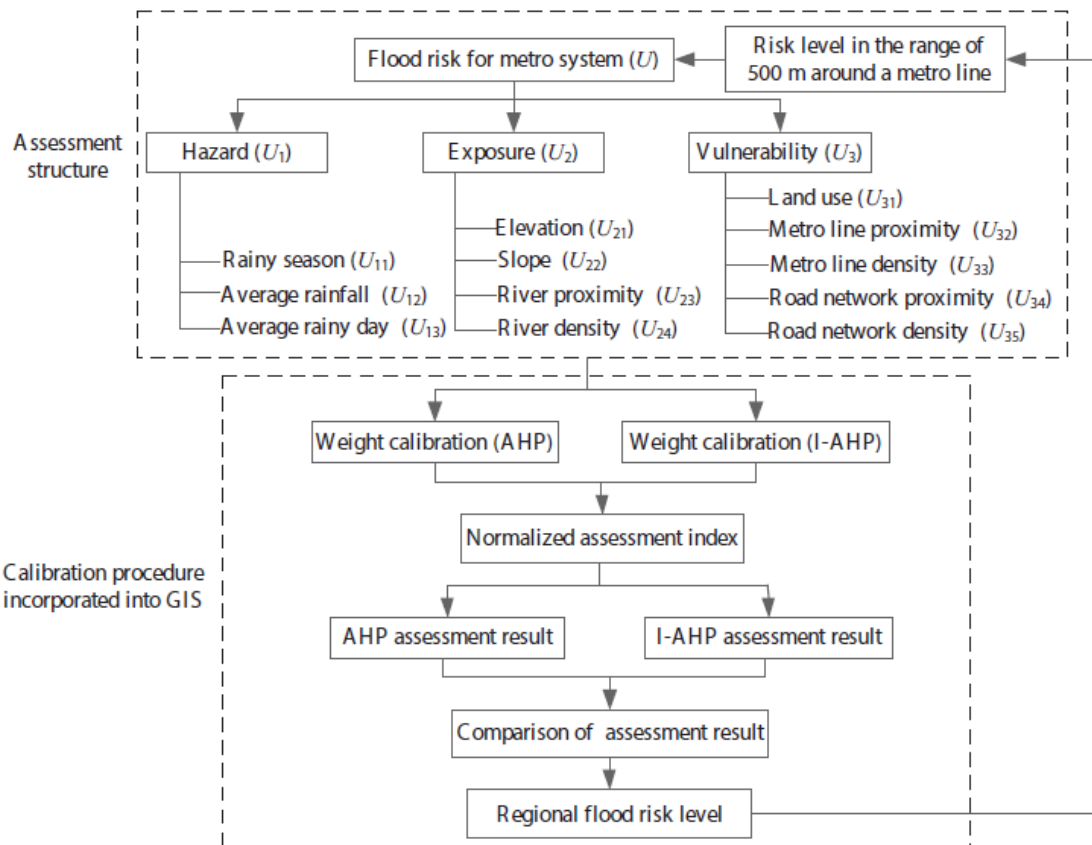
Infrastruktūros planavimo ir valdymo projektai naujoje globalizacijos eroje ir ekonominis liberalizavimas būtų sudėtinga užduotis, reikalaujanti naujų įgūdžių ir požiūrio. Besivystančių šalių infrastruktūros projektai turi būti tobulinami, nes jie yra kritiškai svarbūs nacionaliniai, socialiniai ir ekonominiai plėtrai. GIS lengvai suteikia daugybę informacijos iš erdvinės sąsajos. Tai taip pat padeda organizuoti visą svarbią informaciją projekto sekimui. Vykdam naujus projektus, mes esame atskaitingi už veiksmingumą ir efektyvumą projekto pristatyme. Dideli projektai dažnai būna sudėtingi, kuriuos reikia atidžiai stebėti, koordinuoti ir valdyti. Naudojant 3D modeliavimą ir GIS programinę įrangą, klientai gali išvysti interaktyvesnę duomenų matymą, vizualizuojantį pokyčius laike ir erdvėje į nustatytus modelius ir tendencijas bei dalintis informacija su inžinieriams, vadovais ir vietoje dirbančiais darbuotojais [13].

1.1.4. GIS taikymas statybos saugos planavime

Geografinės informacijos sistemos pateikia požiūrį į statybų saugą makro perspektyvoje vertinant kaip juose pateikiama išsami informacija apie aplinką. MBA bloko statybos projekte Indijoje, Bansalyje buvo pritaikyta GIS saugiam planavimui dėl aplinkos problemų, tokių kaip sąlygos, topografinė vieta, šiluminis komfortas, privažiavimo maršruto planavimo įtaka, darbuotojų sauga. Šie aplinkos veiksniai negali būti modeliuojami su BIM ir 4D CAD, nes jiems trūksta erdvinų duomenų naudojant GIS. Darbas palengvino 4D modeliavimą, geoerdvinę analizę ir topografinį modeliavimą kuriant saugias vykdymo sekas. 3D modelis buvo sukurtas kartu su jį supančia topografija ir grafika, kurioje jie buvo susieti toje pačioje aplinkoje. Tyrime taip pat aptartas GIS panaudojimas saugos duomenų bazių, iš kurių būtų teikiama saugos informacija, modeliavimas gali būti atkurtas ir susietas su planavimo veikla arba pastato modelio komponentais. 4D modeliavimo derinys kartu su topografinėmis sąlygomis ir saugos duomenų baze padeda saugos planuotojams ištirti aplinką, nustatyti kada ir kokias saugos priemones naudoti. GIS taip pat buvo integruota į sprendimų palaikymo sistemą siekiant padėti statybos inžinieriams stebėti ir kontroliuoti saugą kasimo darbuose. Tai vienas iš nedaugelio pavyzdžių kaip GIS naudojimas bei derinimas su kitomis skaitmeninėmis technologijomis gali užtikrinti saugą ne tik statybos planavime bet ir jos metu [14].

Tinkamas potvynių rizikos metro tuneliuose įvertinimas yra sudėtingas. Tai lemia baseino ypatybės, audros bei regionas. Dėl duomenų trūkumo, veiksmų pasiskirstymo ir jų įvairovės tokius skaičiavimus atlikti yra sudėtinga. Regionų potvyniams įvertinti taikomi trijų tipų metodai: scenarijais pagrįsta modeliavimo analizė, kelių indekso įvertinimo sistemų tikimybės įvertinimas,

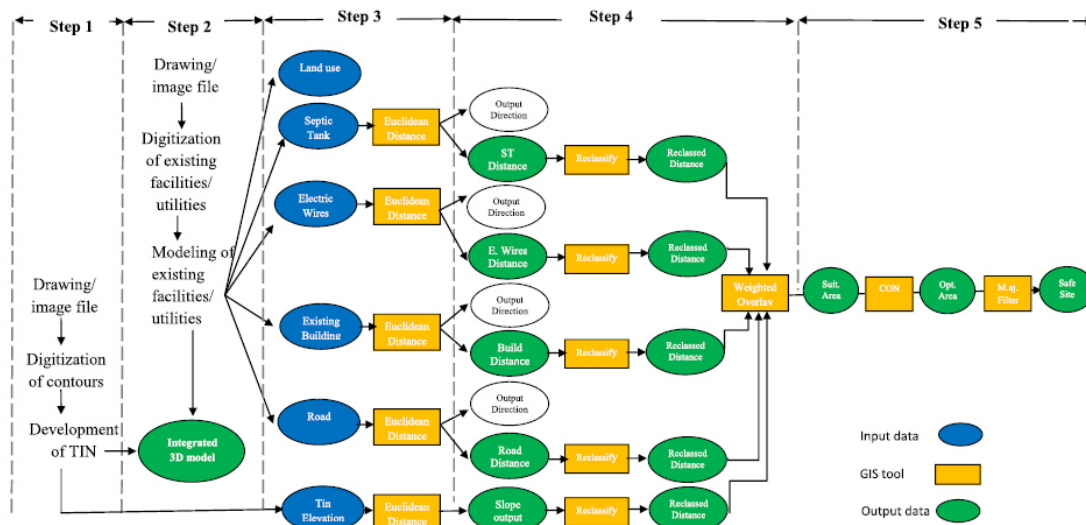
istoriniai duomenys. Šie metodai įgyvendinami taikant keletą matematinių teorijų, tokių kaip Bajeso tinklo taisyklės, analitinis hierarchijos procesas (AHP) ir intervalinis analitinis hierarchijos procesas (I-AHP). AHP ir I-AHP metodai nustato potvynių rizikos lygį metro sistemose. Potvynių rizikos įvertinimo procedūra pavaizduota 5 pav.. Ją sudaro dvi dalys: viena yra vertinimo indekso struktūra, kadangi kita yra kalibravimo procedūra, apimanti kiekvieno indekso svarbą pagal GIS. Vertinimo sistemą sudaro trys sluoksniai: objekto sluoksnis, indekso sluoksnis ir subindekso sluoksnis. Potvynio rizika yra objekto sluoksnis; indekso sluoksnis apima pavojų, poveikio ir pažeidžiamumo indeksus; subindekso sluoksnis apima įvairius įvesties veiksnius, kurie apima potvynių pavojų, topologiją ir metro linijas. Norint gauti pagrįstą kiekvieno faktoriaus reikšmę, AHP ir I-AHP metodai naudojami santykinai įvairių reikšmių faktorių susisteminimui. Tada pridodamas kiekvieno vertinimo koeficiento reikšmė į GIS, kad būtų įvertinta regioninė potvynių rizika. Potvynių rizikos rezultatas yra suskirstyti pagal įvestus erdvinis duomenis, gautus įvertinant potvynių modelius. Taikant tiek AHP, tiek I-AHP metodus, siekiama potvynio rizikos metro sistema. Tam akivaizdžiai daro įtaką regioninis potvynių pavojus tam tikru diapazonu išilgai metro linijų. Tikėtina, kad šis diapazonas svyruos 500 m ir 1000 m. Remiantis lauko tyrimais, diapazonas ilgalaikio paviršiaus gyvenvietės išilgai metro linijos yra nuo 500 m iki 1000 m [15].



5 pav. Metro sistemų potvynių rizikos įvertinimo procedūra [15]

Geros vietos parinkimas yra vienas iš svarbiausių statybos projektų aspektų, kuris daro didžiulę įtaką siūlomo objekto projektui. Darbuotojų sauga statybų metu yra plačiai aptarinėjama ir priimta, tačiau saugių vietų pasirinkimas pastatams paprastai nėra svarstomas. Architektai bei inžinieriai projektavimo vietą pasirenka savo žiniomis bei patirtimi, tačiau saugios vietos aspektai dažnai yra ignoruojami. Pasitelkus GIS buvo nustatyta saugios vietos nustatymo metodika 6 pav., kuri tenkina

įvairius erdvinės saugos aspektus, kurie daro įtaką pastato vietai. Topografija padeda nustatyti ir įvertinti šių aspektų poveikį. Tinkamos pastato vietos yra bendrosios sritys, kuriose yra laikomasi kodekso nuostatų. Erdvinė analizė atliekama siekiant išsirinkti bendrą plotą, kuris yra toliau susiaurintas iki kelių atpažįstamų vietų, pagal kurias yra išsirenkama saugiausia [16].

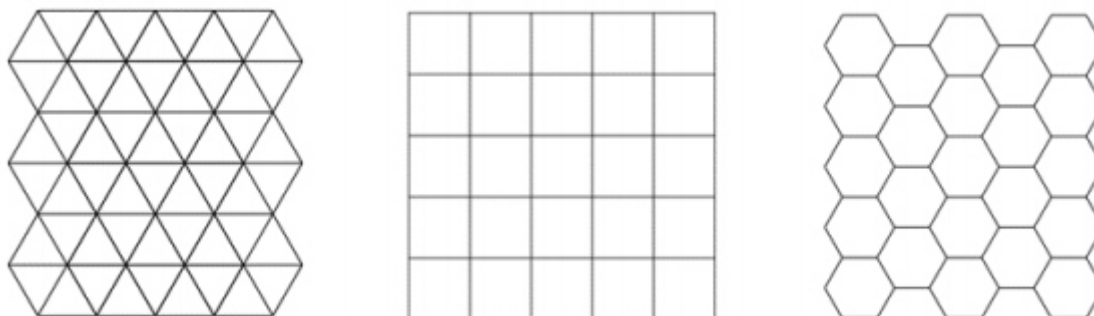


6 pav. Modelis pagrįstas GIS, sukurtas metodikai įgyvendinti [16]

1.2. GIS atvaizdavimas ir duomenų modeliai

1.2.1. Rastrinis duomenų modelis

Rastriniai duomenys turi savo svarbą GIS srityje ir daugeliu atvejų padeda vadovams ir planuotojams priimti sprendimus. Vienas rūpestis yra tai, kaip geriausia saugoti tokius didžiulius rastrinių duomenų kiekius ir kaip juos pateikti klientui naudojant efektyvų metodą. Rastrinių duomenų modelis kartu su vektorinių duomenų modeliu yra vienas iš ankstyviausių ir plačiausiai naudoti duomenų modeliai geografinėse informacinėse sistemose. Paprastai jis naudojamas nuolat įrašyti, analizuoti ir vaizduoti gamtos duomenis, tokius kaip aukščiai, temperatūra, atspindėta ar skleidžiama elektromagnetinė spinduliuotė. Terminas rastas kilo iš vokiško žodžio ekranas, reiškiantis stačiakampę eilę orientuotos lygiagrečios linijos. Jos, kaip vaizdų aprašymo, kilmė kyla iš atlikto piešinio elektroninėmis spinduliais per katodinių spindulių vamzdžių ekranus pirmosiomis analoginės televizijos dienomis, vėliau tai buvo išplėsta ir į skaitmeninius vaizdus. Rastras kartais vadinamas vaizdas, masyvas, paviršius, matrica ar grotelės. Rastro elementai dažniausiai būna kvadratinės formos, bet gali būti stačiakampio (su skirtinga skiriamąja geba x ir y kryptimis) ar kitokių formų kaip pavaizduota 7 paveiksle [17;40].



7 pav. Trikampių, kvadratų ir šešiakampių formos, kurios gali būti naudojamos kaip pagrindas rastriniame modelyje [17]

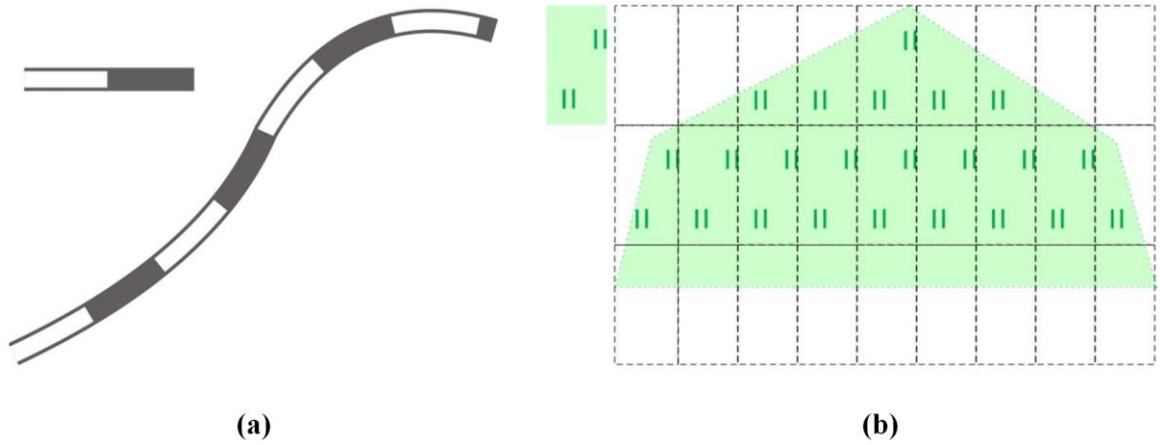
Apie rastrinius duomenis bus mažai pasakyta, nes akcentuojami vektoriniai duomenų modeliai. Rastrinių duomenų struktūroje informacija pateikiama taškuose arba elementų formavimo tinkle. Paprasčiau tariant dvejetainiai skaičiai naudojami kiekvienam elementui atspindėti, kur išplėstinių kablelių vertės naudojamos išplėstiniais atvejais. Rastro duomenyse, kai naudojama juoda / balta spalva, saugomi tik erdviniai duomenys, o kai naudojamos spalvų reikšmės, gali būti saugoma ribota atributų informacija. Naudojami rastro duomenys turi būti labai maži / lengvi, kitaip juos reikia suglaudinti, kad pagerintumėte saugojimo efektyvumą. Tai yra rastrinių duomenų GIS programoje problema. Vektoriniai duomenys naudoja taško, tiesės ir daugiakampio geometrinius objektus, kad atspindėtų erdvinius požymius. Nors vektorinis duomenų modelis idealiai tinka atskiroms savybėms su aiškiai apibrėžtomis vietomis ir formomis, jis netinkamas erdviniams reiškiniams, kurie erdvėje nuolat kinta, pavyzdžiui, krituliai, aukštis ir dirvožemio erozija. Geresnis nenutrūkstamų reiškinių variantas yra rastrinių duomenų modelis, dar vadinamas lauko modeliu. Rastro duomenų modelis naudoja įprastą tinklelį erdvei padengti. Skirtingai nuo vektorinių duomenų modelio, rastrinių duomenų modelis pastaruosius keturis dešimtmečius nekeitė savo koncepcijos trukmės. Rastrinių duomenų modelio tyrimai buvo sutelkti į duomenų struktūrą ir glaudinimą [37].

1.2.2. Vektorinis duomenų modelis

Vektoriniai duomenys GIS naudojami dėl jų tikslumo, efektyvaus saugojimo, kartografijos kokybės ir funkcinį įrankių prieinamumo, tokių kaip žemėlapių projekcijos, analizės.. Kiekvienas vektorinių duomenų modelio objektas yra pirmiausiai suskirstytas į geometrinių tipą: taškas, linija ar daugiakampis. Kiekvieno objekto koordinatės, apibrėžiančios jo geometriją, gali turėti 2, 3 arba 4 matmenis [28].

Vektoriniams duomenims būdingi sekos naudojimo taškai, vadinami verteksais. Verteksas yra tiesinis segmentas (atstumas ir kryptis), taip pat tai gali būti linija arba lankas. Kiekvieną viršūnę sudaro X ir Y koordinatės. Arka susideda iš viršūnių eilutės, kuri baigiasi mazgais. Linija susideda iš taškų rinkinio, poligonas susideda iš susijusių linijų rinkinio. Pateikiant vektorius, svarbus kiekvienas verteksų savybių ir funkcijų sujungiamumo išsaugojimas [18].

Taškiniai simboliai, tiesiniai simboliai ir ploto simboliai yra trys pagrindiniai vektorinių duomenų simbolių atvaizdavimo metodai kartografijoje ir geografinėje informacinėje sistemoje. Taško funkcijų simbolių atvaizdavimas pateikia nurodytą taško simbolių vietos taške. Ploto simbolių ypatybės galima apibendrinti kaip skirtingų grafinių langelių atvaizduotą užpildymą, pagrįstą nuskaitymo linijos algoritmu ar patobulintais jo algoritmais. Palyginti su taškinių simbolių ir srities simbolių atvaizdavimu, linijinių požymių simbolių atvaizdavimas yra daug sudėtingesnis. Linijinė ypatybė paprastai simbolizuojama pakartotinai piešiant atitinkamą simbolių kelyje. 8 paveiksle (a) pavaizduotas geležinkelio simbolis ir geležinkelio geografinio objekto žemėlapių ypatybė (žyminti linijinę savybę), o 8 (b) paveiksle - pievos simbolis ir pievos geografinio požymio žemėlapių bruožas (žymintis ploto ypatybę) [34].

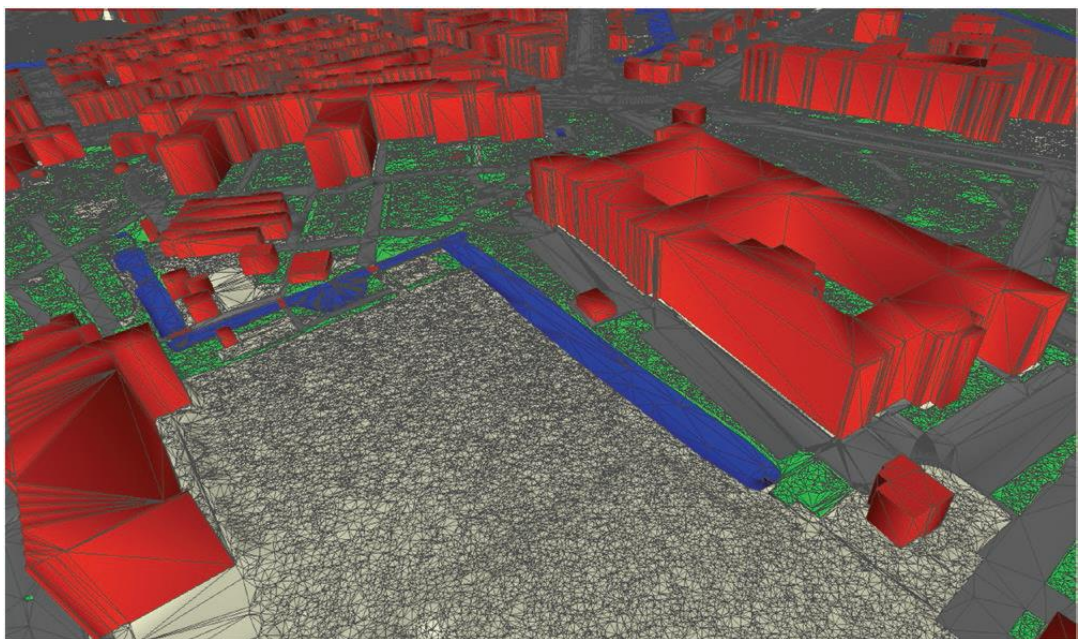


8 pav. (a) geležinkelio vektorinis simbolis ir (b) pievos ploto simbolis [34]

1.2.3. TIN duomenų modelis

Netaisyklingų trikampių tinklas (TIN) yra skaitmeninė duomenų struktūra, naudojama geografinėje informacijoje sistema paviršiaus vaizdavimui. TIN yra vektoriais paremtas fizikinis atvaizdas sausumos paviršiaus arba jūros dugnas, sudarytas iš netaisyklingų formų paskirstytų mazgų ir linijų su trimatėmis koordinatės (x , y ir z). TIN pavaizduoja paviršių greta esančių ir nepersidengiančių trikampių rinkiniu, jungiančiu pradinius duomenų taškus, todėl 3D vizualizacijos lengvai sukuriamos perteikiant trikampus aspektus. TIN tinklas buvo naudojamas daugeliui problemų išspręsti, įskaitant topografinio žemėlapių objektams ir informacijos apie jų sudarymą. [18,29].

Vietovės sudaro svarbią 3D miesto modelių dalį. GIS praktikai dažnai modeliuoja reljefą su 2D tinkleliais. Tačiau TIN taip pat vis dažniau naudojama praktikoje. Vienas tokių pavyzdžių yra 9 paveiksle 3D miestas Nyderlandų modelis, kuris apima visa šalis kaip viena didžiulė trianguliacija su daugiau nei vienas milijardas trikampių. Dėl didžiulio reljefo dydžio duomenų rinkinius, pagrindinis klausimas yra tai, kaip efektyviai saugoti ir juos prižiūrėti. Tarptautinis 3D GIS standartas „CityGML“ leidžia mums laikyti TIN naudojant paprastą funkciją [35].



9 pav. Delfto, esančio Olandijoje, dalis TIN duomenų modelio. [35]

1.3. Pirminių GIS duomenų rinkimas

1.3.1. Rastrinių duomenų rinkimas

- Nuotolinis stebėjimas naudojamas informacijai apie fizines, chemines ir biologines objektų savybes gauti be tiesioginio kontakto. Informacija gaunama išmatuojant elektromagnetinės spinduliuotės atspindžio kiekį iš objektų. Skyra yra pagrindinė nuotolinių stebėjimo sistemų fizinė savybė. Erdvinė skiriamoji geba nurodo objekto dydį, kurio matas yra pikselis. Spektrinė skiriamoji geba rodo elektromagnetinio spektro išmatuotą dalį. Laikina skiriamoji geba apibūdina vaizdų dažnį surinktą tame pačiame plote [19]
- Fotografija iš oro naudojama įvairaus dydžio projektams. Nuotraukos dažniausiai daromos analoginiais optiniais fotoaparatais ir vėliau nuskaitomos. Galimas stereofoninių skaitmeninių aukščio duomenų pateikimas modeliams išgauti [19]

1.3.2.1 Geodeziniai matavimai

Geotechnologijų raida per pastaruosius dešimtmečius sukėlė nepaprastai daug erdvinių duomenų. Šių duomenų informacija turi būti veiksmingai kontroliuojama (valdoma, analizuojama ir dalijamasi), kad ji būtų naudinga visuomenei.

Geodeziniai matavimai apima daugybę darbų:

- Inžineriniai ir geodeziniai tyrimai, reikalingi norint teisingai įvertinti teritoriją topografinio reljefo požiūriu ir susieti objektą su esama infrastruktūra.
- inžineriniai-geologiniai tyrimai, kurių užduotis yra ištirti teritorijos inžinerines-geologines sąlygas, ištirti fizines ir mechanines dirvožemio savybes ir sudaryti inžinerinius-geologinius profilius, kad būtų suprojektuoti pamatai ir tiesiniai ar taškiniai objektai.
- Inžineriniai ir hidrometeorologiniai tyrimai, padedantys įvertinti vietovės hidro-geologines sąlygas, požeminių ir paviršinių vandens šaltinių buvimą, taip pat projektavimo zonos meteorologiniai ir klimatiniai komponentai.
- Aplinkosaugos - inžineriniai tyrimai, skirti sumažinti žmogaus sukeltą poveikį aplinkai ir numatyti statybos įtaką aplinkos saugai, kad būtų sumažintas žalingas jos poveikis.
- statybinių medžiagų ir dirvožemio, taip pat vandens tiekimo šaltinių - požeminių vandenių, tyrimas. Tai yra išsami medžiagų laboratorinė analizė, jų identifikavimas sudėtis ir fizinės-mechaninės savybės. [33;41]

Pagal šiuos duomenis ir matavimų rezultatus yra sudaromi žemėlapiai, planai, nustatomi erdvinių duomenų georeferenciniai pagrindai (orientavimosi parametrai bei pasaulinė koordinačių sistema). Geografinių informacinių sistemų programose galima nurodyti, kurioje koordinačių sistemoje rodyti bei saugoti duomenis. Geodeziniai matavimų duomenys dažniausiai yra skirtingo formato negu GIS duomenys. Gauti matavimų rezultatai išreiškiami aukščių skirtumais, atstumais ir kampais. Duomenų konvertavimui naudojama GIS programinė įranga arba matavimų apdorojimo programos. Geodezinius matavimus galima suskirstyti į dvi kategorijas – vertikalinius ir horizontalius.[24]

1.3.2.2 GPS koordinačių geometrija

Atrodo, kad GIS gali integruoti specifinius projektus erdvine ir ne erdvine informacija ir buvo plačiai panaudota analizuoti ir valdyti didelius duomenų kiekius, susijusius su pirkimais, išankstinių

konstrukcijų valdymas ir statybos stebėjimas. 3D CAD technologijų atsiradimas architektūroje, inžinerijoje ir statybų pramonė leido tyrėjams tai suderinti su CPM tvarkaraščiais, kurie paskatino 4D CAD plėtrą. Šiuo metu kelios komercinės priemonės leidžia planuotojams sukurti tokį 4D modeliai. integruota 4D-PosCon programinė įranga ir robotas bendroji stotis, skirta stebėti ir vizualizuoti pastato komponentų padėtį ir orientaciją metu. pristatė geografinės informacijos sistemos (GIS) pagrindu sukurtą navigacinę 3D projekto animaciją, kad galėtų vizualizuoti ir peržiūrėti statybų projekto tvarkaraštį kaip alternatyvą esamiems 4D CAD įrankiams. Projekto veiklų animacija naudoja dinaminį grafiko veiklų ir atitinkamų 3D komponentų ryšį, tokiu būdu leidžiant aptikti trūkstamas veiklas ir logines projekto tvarkaraščio klaidas. GIS duomenų bazių valdymo galimybės taip pat naudojamos palaikyti ir atnaujinti statybos išteklių duomenų bazę, siekiant palengvinti projekto planavimą [21;22].

Kita erdvinė technologija yra „Global Positioning System“ (GPS) palydovinė ir plačiai naudojama ten, kur yra svarstoma statybų veikla. Funkcinės sistemos galimybės priklauso nuo signalų iš palydovų priėmimo nurodymas surasti tam tikro objekto, pritvirtinto prie etiketės, vietą. GPS buvo naudojamas, pavyzdžiui, plieninėms konstrukcinėms medžiagoms sekti per visą statybos procesą, nuo gamybos iki statybvietyje nuo inventoriaus iki įrengimo ir net ilgalaikiam aptarnavimui. Panašus į GPS padėties nustatymą, Shen et al. automatizavo visą robotinę stotį ir jutiklius duomenų rinkimas ir padėties nustatymas tunelio gręžimo mašinai, naudojami nutiesti kanalizacijos ir lietaus nuotekų komunalinius vamzdynus. Realiu laiku tunelių eigos tyrimų duomenys gaunami tiksliais koordinatėmis 3D požeminėje erdvėje. Pagrindiniai GPS naudojimo apribojimai yra kelių kelio klaidos perpildytoje aplinkoje, kur nustatomas vietos nustatymas gali smarkiai pablogėti dėl blokavimo, deformacijos ir deformacijos palydovo signalai. Sistema tampa neekonomiška, kai yra prie kiekvieno svetainės objekto reikia pritvirtinti GPS imtuvą [21;22].

1.4. Antrinis GIS duomenų rinkimas

1.4.1. Rastrinių duomenų rinkimas naudojant skenerius

Pastaraisiais metais LiDAR naudojimas labai paplito dėl rimtų priežasčių. Ši technologija gali duoti kokybiškesnių rezultatų nei tradiciniai fotogrammetriniai metodai mažesnėmis sąnaudoms. Tai įvykdyta, dideliais pasikeitimais, automatizuotai matuojant bandinius kurių mėginiai imami labai tankiai. LIDAR lazeriais yra matuojami įvairiausi žemės paviršiaus objektai, sudaromi žemėlapiai. Skenerio sistema naudoja lazerio spinduliu siunčiamą šviesą. Tai optinio nuotolinio aptikimo technologiją, kuri matuoja išsklaidytos šviesos savybes, kad surastų tolumo taikinio nuotolį ir (arba) kitą informaciją [30;38].

Oro lazerinio nuskaitymo sistema įgauna aukštą žemės paviršiaus duomenų 3D taškų tikslumą naudojant LiDAR technologiją. 3D koordinatės yra nustatomas remiantis LiDAR diapazono duomenimis bei padėties ir orientacijos duomenimis. Paprastai kuriant žemės dangos žemėlapius iš LiDAR duomenų, taškiniai duomenys konvertuojami į rastro formatą ir spragos tarp taškų įvertinami naudojant vieną iš interpoliacijos technikos. Keletas interpoliacijos metodų, tokių kaip atvirkštinis atstumo svertas, vidutinis filtravimas ir Krigingas yra iširta. Buvo tiriamos metodikos, siekiant patikrinti jų poveikį klasifikavimo rezultatai. Buvo nustatyta, kad Krigingo interpoliacija technika, pagrįsta LiDAR intensyvumo duomenimis, sukuria aukštą rezultatą dominančių žemės dangos medžiagų atskyrimas; medžiai, žolė, asfaltas, stogai ir kt. [31]

1.4.2. Antrinis vektorinis duomenų rinkimas

1.4.2.1 Fotogrametrija

Fotogrametrija, dar vadinama atvaizdu paremta rekonstrukcija arba atvaizdu pagrįstu modeliavimu, yra sena, bet galinga technologija daugelyje inžinerinių programų. Statyboje pasirodė saugus, nebrangus ir efektyvus kaupti pastatytų geometrinių erdvinių duomenis (t. Y. statybinių objektų padėtis, dydis, forma ir mastelis) ir civilinė infrastruktūra.

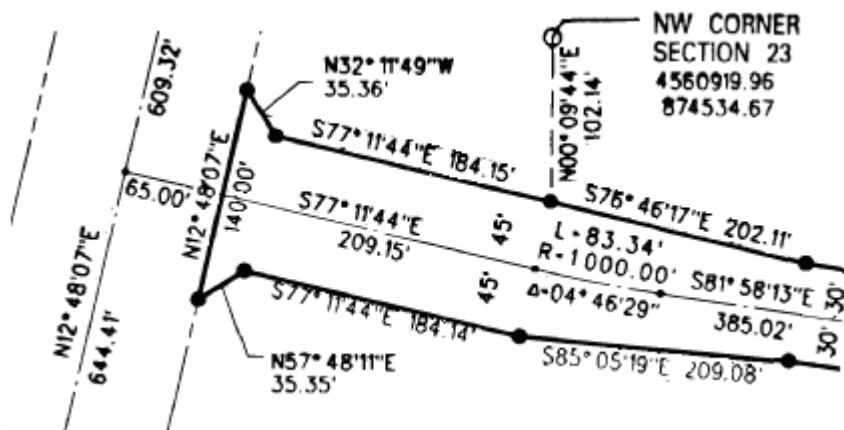
Fotogrametrinis modeliavimas yra išgavimo procesas informacija iš vaizdų, užfiksuotų skaitmeniniais fotoaparatais. Lauko vaizdų kolekcijoje vaizdų fotografavimo kameros yra nustatytos. Tačiau tai gali paveikti keli nežinomi veiksniai rezultatų tikslumas, įskaitant pagrindinį fotoaparato tašką ir pagrindinį atstumą, fotoaparato objektyvo iškreipimo koeficientus ir vaizdo nustatymus (t. y. fotografavimo atstumą, pradinę liniją, nuotraukų sutapimų procentas, sutampančių nuotraukų skaičius, fotoaparato susikirtimo kampai ir kampai dažnis). Palyginti su kontroliuojamais nustatymais, tokiais kaip gamybos cechai ir laboratorijos, statybvietės kelia daug praktinių apribojimų, tokių kaip pageidautinas atstumas ir kampai, kad kamera būtų neprieinama arba tam tikra kliūtis objekto informacija kitais objektais (pvz., atraminėmis platformomis). Šie praktiški dėl esamų suvaržymų gali būti parengtos bendrosios gairės pritaikyti fotogrametriją ne taip efektyviai kaip jie yra naudojami kontroliuojamuose nustatymuose. Taip pat pageidautina kad vietos inžinieriai išmoktų šiek tiek pagrindų, kaip taip pat veiksniai, turintys įtakos rezultatų atlikimui kad jie galėtų geriausiai panaudoti šią technologiją konstrukcijų inžinerijos taikymas [23].

Pastaraisiais metais vis daugiau miestų ir kompanijų sukūrė 3D miesto modelius, skirtus įvairioms taikymo sritims, tokioms kaip 3D kadastras, informacija apie miestą ir turizmas, miestų planavimas, architektūra, nelaimių valdymas, aplinkos modeliavimas, įrenginių valdymas, transporto priemonių ir pėsčiųjų navigacija, pramogos, renginių rinkodara, nekilnojamasis turtas, vietovių rinkodara, energijos tiekimo pramonė, geografinės informacijos pramonė, transportas ir telematika, tėvynės gynyba, švietimas ir mokymasis, miesto portalų vietos nustatymo paslaugos ir geomokslai. Norėdami sukurti virtualius 3D miesto modelius, pagrindiniai būdai, kuriuos galima naudoti, yra šie: įprastos techninės priemonės, tokios kaip vektoriniai žemėlapių duomenys, skaitmeninis aukščio modelis, oro vaizdai; didelės raiškos palydoviniai vaizdai su lazeriniu nuskaitymu; šios metodikos yra suskirstytos į dvi pagrindines kategorijas: viena yra pagrįsta automatizavimu (automatiniai, pusiau automatiniai ir rankiniai metodai), kita - duomenų kaupimo technika (fotogrametrija ir lazerio technika). Pagrindinę vaidmenį kuriant 3D miesto modelį vaidina fotogrametrija (artimas nuotolis, antena, palydovas), lazergrammetrija (oro lazeris ir antžeminis lazeris), pasaulinė padėties nustatymo sistema arba šių šiuolaikinių metodų derinys [37].

1.4.2.2 COGO blokai

Koordinatinė geometrija (COGO) - tai tyrimo ar įvesties metodas inžineriniai duomenys / matavimai į GIS, CAD arba žemėlapių programinę įrangą. Šis kadastro duomenų tvarkymo aspektas yra vienas iš pagrindinių darbo su kadastro duomenimis GIS interesų. COGO duomenys gali būti renkami vietoje, naudojant įprastus matavimo metodus ir prietaisus, arba gali būti gauti iš esamų teisinių tyrimų planų / žemėlapių, lentelių, inžinerinių planų, brėžinių ar įrašų. Žemiau pateiktas tyrimo plano pavyzdys 10 pav., kuriame schematiškai pavaizduota kelio vidurio linija ir šalia kelio esančių žemės sklypų briaunos. Kelio vidurio liniją ir sklypo ribas sudaro daugybė tiesių ir lenktų linijų. Kiekvienoje eilutėje yra ją apibūdinantys matavimai. Tiesi linija turi kryptį ir atstumą, o lenkta linija turi spindulį,

kampą, lanko ilgį, kryptį ir pan. Šie matavimai yra koordinacių geometrijos aprašymai. Šie COGO aprašymai gali būti panaudojami skurti toms funkcijoms, kurias užfiksavo inžinierius. Tyrimo plane taip pat pateikiamos nuorodos į esamas vietas, kurios padeda susieti šias naujas savybes su jūsų GIS duomenų baze. Nuoroda gali būti taško arba matavimo koordinatės į gerai žinomą vietą, tokią kaip reperis, kelio sankryža ar esamas sklypo kampas [24;39].



10 pav. Geodezinių matavimų COGO bloko pavyzdys [20]

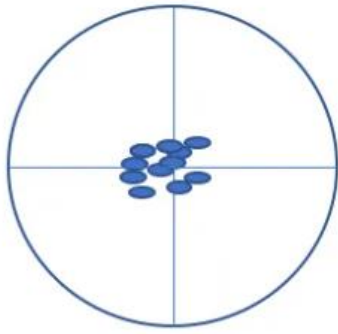
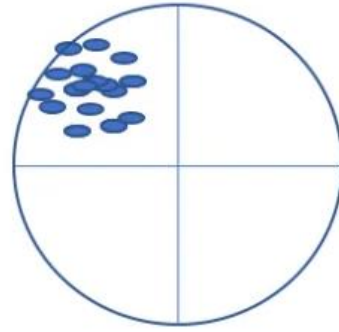
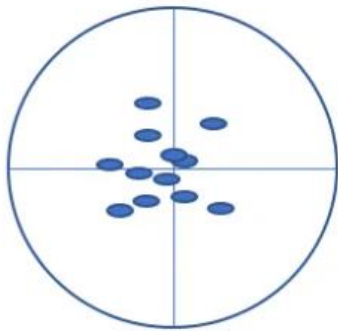
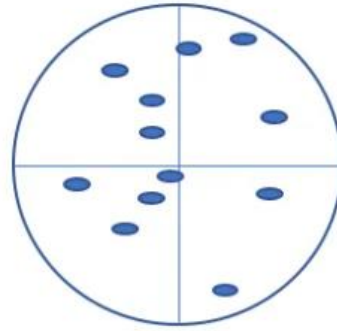
1.5. GIS duomenų tikslumas

1.5.1. GIS duomenų tinkamumas ir tikslumas

Erdvinių duomenų padėties tikslumo aspektai yra ypač svarbūs erdvinių duomenų infrastruktūroje (EDI), nes vartotojai turi prieigą prie skirtingų duomenų sluoksnių, kurie yra skirtingų metų, rinkti skirtingai ir skirtingiems tikslams nei tie, kuriems jie naudojami. Kai EDI vartotojas sujungia įvairius duomenų sluoksnius, kad juos būtų galima peržiūrėti ir analizuoti žemėlapyje, tarp sluoksnių gali būti akivaizdūs erdviniai neatitikimai, o šie neatitikimai apsunkina duomenų naudojimą arba jų neįmanoma naudoti analizei [27].

Norėdami iš tikrųjų suprasti tikslumo ir apibrėžtumo svarbą, turėtume pradėti skirti šiuos terminus:

- Tikslumą galima apibrėžti kaip laipsnį ar artumą, iki kurio žemėlapiu informacija atitinka realiojo pasaulio vertes. Todėl, kalbėdami apie tikslumą, kalbame apie duomenų kokybę ir apie klaidų, esančių tam tikrame duomenų rinkinyje, skaičių. GIS duomenyse tikslumas gali būti susijęs su geografine padėtimi, tačiau jis taip pat gali būti nurodomas kaip atributas arba koncepcinis tikslumas.
- Apibrėžtumas nurodo, kiek tikslus yra duomenų aprašymas. Tikslia informacija gali būti netikslia, nes ji gali būti tiksliai aprašyta, bet netiksliai surinkta. (Gal matininkas padarė klaidą, arba duomenys neteisingai įrašyti į duomenų bazę). [36]

A: precise and accurate**B: precise but not accurate****C: Not precise but accurate****D: Not precise and not accurate****11 pav.** Tikslumo ir apibrėžtumo palyginimas [36]

Aukščiau pateiktame 11 pav. vaizdų serijoje vizualizuojama tikslumo ir apibrėžtumo samprata. Kiekvieno atvaizdo kryžius rodo tikrąją objekto vertę, o mėlyni taškai - matavimų vertės. A vaizdas yra tikslus ir apibrėžtas, vaizdas B yra tikslus, bet neapibrėžtas, vaizdas C yra apibrėžtas, bet netikslus, D vaizdas nėra nei tikslus, nei apibrėžtas. Norint įvertinti GIS duomenų rinkinio naudingumą, svarbu suprasti tikslumą ir apibrėžtumą. Kai duomenų rinkinys yra neapibrėžtas, bet labai tikslus, galima imtis korekcinę priemonių, kad duomenų rinkinys būtų tikslesnis. [36]

1.5.2. GIS duomenų netikslumų priežastys

Tobulų GIS duomenų nėra. Tai yra bet kurio mokslo faktas, ir kartografija nėra išimtis. Tačiau duomenų netobulumas ir jų poveikis GIS analizei nebuvo išsamiai išnagrinėtas iki pastarųjų metų. Paskutinį dešimtmetį GIS specialistai ėmė pripažinti, kad klaida ir netikslumas gali turėti įtakos daugelio GIS projektų tipams. Suprasti GIS duomenims būdingą klaidą yra labai svarbu norint užtikrinti, kad bet kokia erdvinė analizė, atliekama naudojant tuos duomenų rinkinius, atitiktų minimalų tikslumo slenkstį [25].

Duomenų kokybė vertinama naudojant skirtingus vertinimo metodus, skirtingus vartotojus. Pirmąjį vertinimo lygį atlieka duomenų rengėjas. Šis vertinimo lygis grindžiamas duomenų kokybės patikrinimu, paremtu pateiktomis duomenų specifikacijomis. Antrasis duomenų kokybės vertinimo lygis atliekamas vartotojui, kur vartotojas gauna grįžtamąjį ryšį ir apdoroja jį. Tada duomenys yra analizuojami ir taisomi remiantis apdorotu grįžtamuoju ryšiu. Dažniausiai pasitaikančios erdvinė duomenų neatitikimo priežastys:

- Duomenų informacijos mainai:

Duomenų informacijos mainai iš esmės yra informacija apie duomenis, kuriuos klientas pateikia organizacijai. Kliento pateikiamos informacijos laipsnis apibrėžia duomenų tikslumą ir išsamumą.

- Tipas ir šaltinis:

Norint gauti tinkamas duomenų reikšmes, reikia įvertinti duomenų tipą ir šaltinį. Erdvinių duomenų formatų yra daug ir kiekvienas jų turi tam tikrų naudos gavėjų elementų bei trūkumų. Pavyzdžiui: norint naudoti CAD duomenis GIS platformoje, duomenys turi būti įvertinti ir problemos turi būti pašalintos, kitaip gautos vertės parodys didelius neatitikimų mastus. Įprasti duomenų formatai yra specifiniai, būdingi duomenų saugojimo technikai ir funkciniam suderinamumui. Pvz.: topologijos negalima kurti formatuose. Tai galima sukurti tik naudojant naujausią geografinės erdvės saugojimo formatą - Geoduomenų bazę. Taigi, prieš pradėdant bet kokią analizę, reikia nustatyti ir įvertinti duomenų tipą ir šaltinį.

- Duomenų surinkimas:

Yra daugybė įrankių, apimančių rankinius įgūdžius duomenims užfiksuoti naudojant įvairias programines įrangas, tokias kaip ArcGIS. Šios programinės įrangos leidžia vartotojui surinkti informaciją iš bazinių duomenų. Gaudydamas duomenis, vartotojas gali neteisingai interpretuoti pagrindinių duomenų ypatybes ir fiksuoti ypatybes su klaidomis. Pvz.: Vartotojas neteisingai interpretuoja du pastatus kaip vieną pastatą ir užfiksuoja kaip vieną funkciją. Tačiau realiame pasaulyje yra dvi savybės. Taigi, reikia teisingai interpretuoti pagrindinių duomenų ypatybes. Tačiau yra daugybė įrankių, leidžiančių vartotojui rasti ir ištaisyti tas klaidas, tačiau vis tiek šie įrankiai nėra dažnai naudojami dėl nepakankamo supratimo. Duomenys turi būti užfiksuoti nepriekaištingu mastu, kai reikia aiškiai matyti ypatybes.

- Kartografiniai efektai:

Užfiksuotus duomenis, funkcijoms priskiriami kai kurie kartografiniai efektai, tokie kaip simbolika, raštas, spalvos, orientacija ir dydis. To reikia norint geriau vaizduoti tikrovę. Šie efektai turi būti priskirti atsižvelgiant į funkcijų sritį. Kaip ir taikant miškininkystę, reikia naudoti miškininkystės srities kartografinius elementus. Bet kurio kito domeno, naudojamo tam tikram domenui, elementai pablogina rezultatų išvestį.

- Duomenų perdavimas:

Perkeliant duomenis iš vienos vietos į kitą gali atsirasti tam tikrų neatitikimų. Pvz.: Duomenys, perduodami iš žiniatinklio šaltinio į atskirą, atjungtą kompiuterį. Kartais, siekiant pateikti tikslius duomenis tiksliau, vartotojas bando taikyti skirtingą pažangią taisymo techniką, tačiau dėl to mažiau tikslūs duomenys pasikeičia į labai blogus duomenis. „Nėra blogų ar gerų duomenų. Yra tik duomenų, tinkamų a konkrečius tikslas“. Taigi, duomenys turi būti vertinami pagal sritį, kuriai jie turėtų būti naudojami.

- Metaduomenys:

Kartais metaduomenys nėra atnaujinami pagal originalias funkcijas. Kai kuriose programinės įrangos platformose redaguojama nedaug funkcijų, tačiau redaguota informacija nėra atnaujinama, pvz.,

Redaktoriaus pavadinimas, redagavimo priežastis ir kita svarbesnė informacija. Taigi, metaduomenys turi būti atnaujinti su pradiniais duomenimis [26].

2. Tiriamoji dalis

Šiame darbe bus siekiama išanalizuoti bei palyginti suprojektuotas požeminių metro stočių įėjimo vietas su pasiūlytomis vietų alternatyvomis. Stotys bus lyginamos pagal parinktus vertinimo kriterijus, kurių skaičiavimams reikalingi GIS duomenys. Darbo tiriamieji ir analizuojami objektai yra Stokholme, Švedija. Šioje darbo dalyje bus analizuojamos bei palyginamos naujai projektuojamos Stokholmo geltonosios metro linijos 12 pav. trijų skirtingų sustojimo vietų; Hagastaden, Hagalund, Arenastaden įėjimo vietos. Kiekviena iš sustojimo vietų turi po dvi patekimo vietas į metro tunelį. Iš viso darbe bus lyginamos 12 vietų per kurias galima patekti į skirtingas požeminio metro tunelio vietas. Pateiktoje 1 lentelėje yra pažymėti skirtingi turimi duomenys į kuriuos atsižvelgiant buvo projektuojamos įėjimo vietos.

1 lentelė. Turimi GIS duomenys

Stotis	Stoties įėjimo vieta	Gis duomenys			
		Esamas 3D paviršius	Po žeme esantis uolienų 3D (TIN) paviršius	Esamų pastatų 3D paviršius	Geodezinių matavimų COGO taškai
Hagastaden	Pietinė	✓	✓	✓	✓
	1 alternatyva	✓	✓	✓	✓
	Šiaurinė	✓	✓	✓	✓
	2 alternatyva	✓	✓	✓	✓
Hagalund	Pietinė	✓	✓	✓	✓
	1 alternatyva	✓	✓	✓	✓
	Šiaurinė	✓	✓	✓	✓
	2 alternatyva	✓	✓	✓	✓
Arenastaden	Pietinė	✓	✓	✓	✓
	1 alternatyva	✓	✓	✓	✓
	Šiaurinė	✓	✓	✓	✓
	2 alternatyva	✓	✓	✓	✓



12 pav. Planuojami nauji metro linijų projektai Stokholme, Švedija [32]

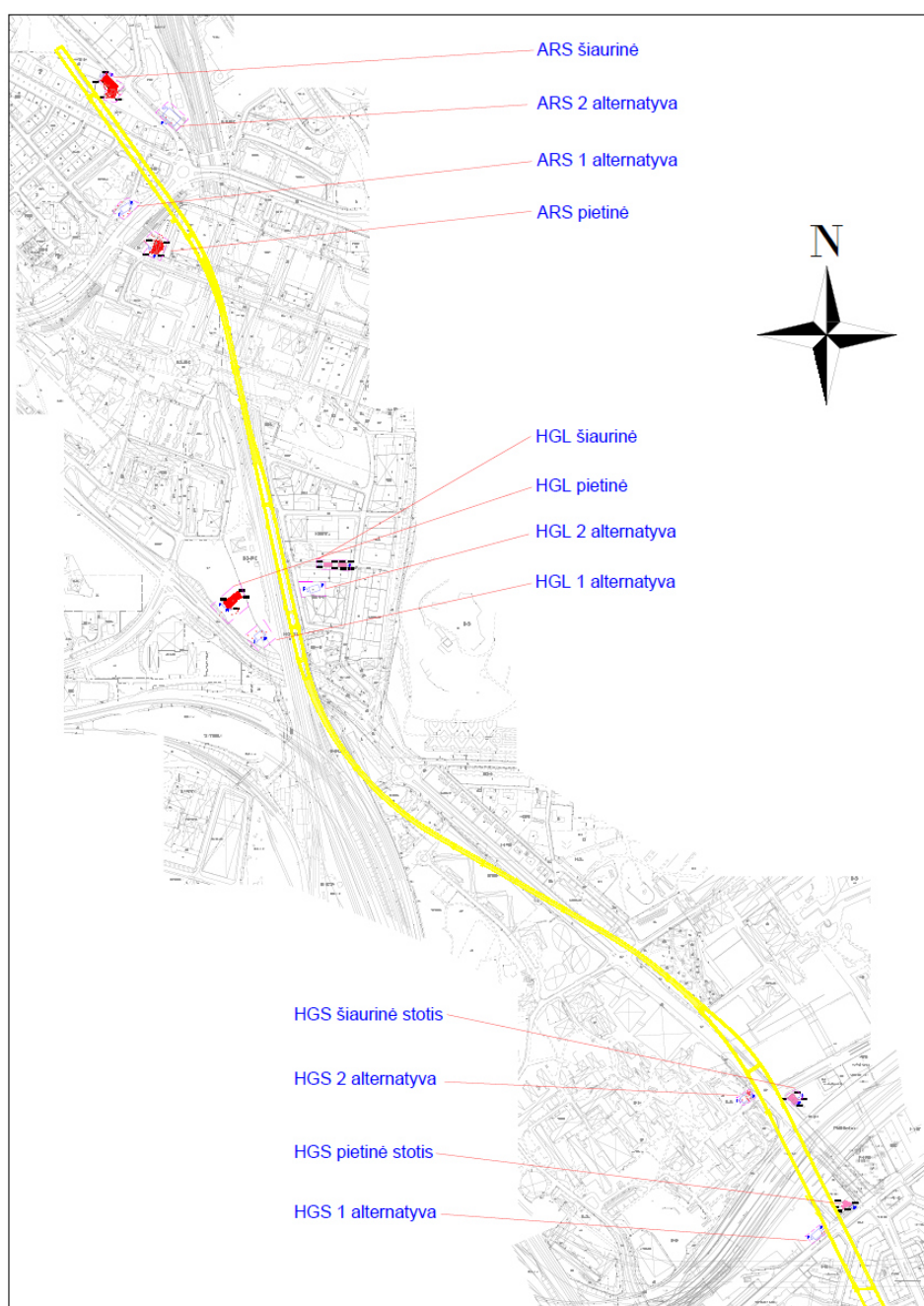
2.1. Vertinimo kriterijų parinkimas

Pasitelkiant surinktus GIS duomenis nustatyti metro stoties statybos vietą buvo pasirinkti šie kriterijai:

- Antžeminis susisiekimo patogumas su viešuoju transportu (balais) – tai kokybinis rodiklis, kuris parodo susisiekimo bei nusigavimo iki metro stoties patogumą;
- Pašalinamų uolienuų kiekis metro statybos vietoje (m^3) – tai kiekybinis rodiklis, parodantis kiek teks panaikinti uolienuų (išsprogdinti), norint įrengti metro stoties įėjimo vietą;
- Vidutinis pastatų aukštingumas aplinkui (m) – tai kiekybinis rodiklis, kuris nusako vidutinius pastatų aukščius aplinkui. Kuo didesnis vidutinis aukštingumas, tuo didesnė rizika būti užverstai stočiai;
- Vietos saugumas (balais) – kokybinis rodiklis, kuris parodo išanalizuotos vietos saugumą atsižvelgiant į artimiausias ligonines bei policijos stočių vietas.
- Pašalinamų medžių kiekis metro statybos vietoje (vnt.) – kiekybinis rodiklis, kuris parodo kiek bus pašalinta medžių norint pastatyti patekimo į metro stotį pastatą.

2.2. Analizuojamų metro stočių vietų situacijos planas

Norint sudaryti aiškų tiriamojo darbo analizuojamų objektų vietų bei pasirinktų alternatyvų bendrą atvaizdavimą vienoje vietoje buvo sudarytas situacijos planas 13 pav.. Plane yra atvaizduoti vektoriniai gatvių, pastatų, kelių, geležinkelių bei žemės paviršiau kontūrai. Šių duomenų pagalba buvo parinktos metro stočių įėjimo vietų alternatyvos jau suprojektuotoms stotims. Situacijos plane geltona linija žymi požeminę metro liniją, kuria važinės traukiniai. Iš metro įėjimų vietų eskalatoriais bus patenkama iki požeminės metro projektuojamos linijos 13 pav.. Norint įrengti patį metro tunelį bei reikalingus eskalatorius yra pašalinamos uolienos esančios po žeme. Visos tiriamos stočių vietos yra suskirstytos į atskirtus rajonus: Hagastaden; Hagalund ir Arenastaden. Šių metro stočių įėjimų bei jų alternatyvų vietos plane pažymėtos mėlynais užrašais. Kiekvienos metro stoties detalesnis situacijos planas su pastatų išorinėmis koordinatėmis bei įėjimų kryptimis pasaulio šalių atžvilgiu yra pateiktos 1 priede.



13 pav. Analizuojamų metro stočių vietų situacijos planas

2.3. Esamų stočių kiekybinių bei kokybinių rodiklių skaičiavimas

2.3.1. Medžių pašalinimas metro stočių statybos vietose

Projektuojant aplinkosauginiai klausimai yra svarbūs ir į juos būtina atkreipti dėmesį. Miestuose natūralios žalumos yra likę ne daug. Tiriamojo objekto projektuojamose vietose nebuvo išvengta pašalinamų medžių. Naudojami duomenys buvo surinkti geodeziniais matavimais ir perkelti į Autocad Civil 3D programą, sudarytas vektorinis modelis. Atlikus vietos analizę su vektorinių duomenų modeliu bei apskaičiavus patenkančius medžius į projektavimo vietas, buvo sudaryta bendra pašalinamų medžių kiekių suvestinė, kuri pateikta 2 lentelėje. Pašalinamų medžių kiekių planai yra pridėti 2 priede.

2 lentelė. Pašalinamų medžių kiekis (vnt.) įrenginėjamų stočių vietose

Stotis	Stoties įėjimo vieta	Pašalinamų medžių kiekis vnt.
Hagastaden	Šiaurinė	0
	1 alternatyva	2
	Pietinė	0
	2 alternatyva	15
Hagalund	Šiaurinė	0
	1 alternatyva	6
	Pietinė	8
	2 alternatyva	0
Arenastaden	Šiaurinė	52
	1 alternatyva	6
	Pietinė	17
	2 alternatyva	2

Iš aukščiau pateiktos pašalinamų medžių kiekių suvestinės 2 lentelės analizės matome, jog didžiausias pašalinamų medžių kiekis yra Arenastaden pietinėje metro stoties darbo zonos vietoje 52 vnt., pietinės Arenastaden stoties vietoje bus pašalinami 17 vnt. medžių ir parinktoje Hagastaden 2 alternatyvoje yra šalinami 15 vnt. medžių. Likusiose metro stočių vietose medžių kiekiai yra gerokai mažesni arba jie iš viso nepatenka į pasirinktos vietos statybos zoną. Tolimesniuose skaičiavimuose bei lyginamojoje analizėje šie kiekiai atsispindės bei padės nustatyti, kuri vieta yra geriausia statybos apžvelgus visus vertinimo kriterijus bei atlikus galutines metro stoties vietos nustatymo išvadas pasitelkiant GIS duomenis.

2.3.2. Vidutinis pastatų aukštingumas (m) aplinkui metro stotis

Miestuose stovi daug skirtingo aukščio pastatų. Projektuojant naujus įvairiausios paskirties pastatus yra atsižvelgiama į aplinkui esančių pastatų aukščius, derinama prie miesto infrastruktūros. Didelis pastatų aukštis kelia didesnę riziką griūties metu užversti aplinkinius pastatus bei įkalinti juose žmones. GIS duomenys dažniausiai yra prieinami kiekvienam vartotojui, kuris moka naudotis internetu, tačiau dauguma net neįsivaizduoja, jog jais naudojasi. Pasinaudojus Google Earth programa buvo išmatuoti skirtingų pastatų aukščiai esantys aplink projektines bei pasiūlytas metro stočių alternatyvų vietas. Vidutinis pastatų aukštingumas (m) yra pateiktas 3 lentelėje. 3 priede pridėti paveikslai parodantys pastatų aukščius aplinkui metro stotis.

3 lentelė. Pastatų aukštingumas aplinkui analizuojamų metro stočių vietos

Stotis	Stoties įėjimo vieta	Pastatų vietos įėjimo atžvilgiu	Pastatų aukštingumas (m)
Hagastaden	Šiaurinė	ŠR; Š	33; 43
	1 alternatyva	ŠR; PR;P	33;23;27
	Pietinė	ŠR	33
	2 alternatyva	ŠR;PV;ŠV	42;18;32
Hagalund	Šiaurinė	Š; P	12; 19
	1 alternatyva	-	-
	Pietinė	-	-
	2 alternatyva	ŠR;Š;P	13;13;16
Arenastaden	Šiaurinė	ŠR; PV	20; 33
	1 alternatyva	PV	40
	Pietinė	PV; R	10; 46
	2 alternatyva	PV	20

Iš aukščiau pateiktos 3 lentelės surinktų duomenų aukščiausias ir didžiausią grėsmę pastatas užversti patekimą bei išėjimą iš metro stoties yra šalia Arenastaden pietinės metro stoties įėjimo. Šio pastato aukštis yra 46 m, jo orientacija pastato atžvilgiu yra pietvakariai. Hagastaden šiaurinės stoties šiaurinėje pusėje stovi 43m aukščio pastatas, kuris taip pat kelią grėsmę užversti stoties vietą. Netoliese parinktos Hagastaden 2 alternatyvos 42 metrų aukščio esantis pastatas yra šiaurės rytuose. Aplinkui Hagalund 1 alternatyvą ir pietinę metro stoties vietą pastatų nėra. Likusių pastatų aukštingumas yra gerokai mažesnis, tačiau užvertimo grėsmė vis tiek išlieka. Detalesnis palyginimas bus skaičiuojamas sekančiame tiriamosios dalies etape.

2.3.3. Uolienuų kiekis (m³) pasirinktoje vietoje

Tankiai apgyvendintuose miestuose dienos metu gyvenimas verda nesustodamas. Triukšmas yra neatsiejama to dalis. Nagrinėjami objektai bus statomi ant uolienuų paviršiaus, vėliau šiose vietose uolienos bus sprogdinamos gilyn link pačio metro tunelio. Sprogdinamas uolienuų sukeltas garsas bei virpesiai kels nepatogumą aplinkui gyvenantiems, todėl kuo mažesnis uolienuų kiekis, tuo statybos vietos sukels mažiau nepatogumų aplinkui esantiems žmonėms. Išsprogdinamų uolienuų kiekis (m³) pasirinktoje vietoje pateikiamas 4 lentelėje. Kiekiai apskaičiuojami pasitelkiant Autocad Civil 3D programą bei sukuriant 3D tūrinius paviršius iš nuskanuoto TIN paviršiaus.

4 lentelė. Pašalinamų uolienuų kiekis (m³) metro stočių vietose

Stotis	Stoties įėjimo vieta	Išsprogdinamų/gręžiamų uolienuų kiekis (m ³) metro stoties vietoje
Hagastaden	Šiaurinė	- (11-12)
	1 alternatyva	- (11-12)
	Pietinė	72,82 (10)
	2 alternatyva	2443,30 (3)

Stotis	Stoties įėjimo vieta	Išsprogdinamų/gręžiamų uolienu kiekis (m ³) metro stoties vietoje
Hagalund	Šiaurinė	1623,88 (6)
	1 alternatyva	575,78 (8)
	Pietinė	3876,57 (2)
	2 alternatyva	1840,90 (5)
Arenastaden	Šiaurinė	6917,13 (1)
	1 alternatyva	1848,51 (4)
	Pietinė	1034,18 (7)
	2 alternatyva	80,27 (9)

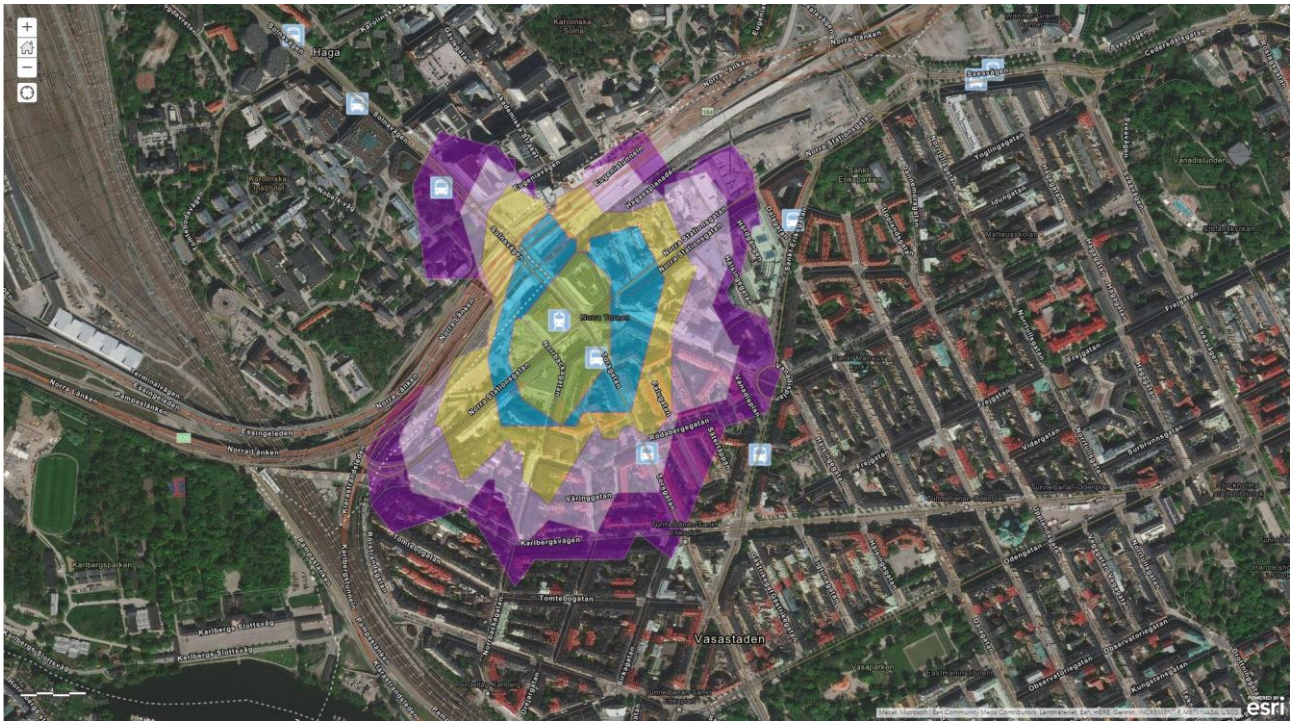
Apskaičiavus pašalinamų uolienu kiekį projektuojamų stočių bei jų alternatyvų pasirinktose vietose buvo gauti rezultatai kurie pateikti 4 lentelėje. Pagal pašalinamų stočių kiekius nuo daugiausiai pašalinamų uolienu kiekį iki mažiausiai, stočių įėjimų vietų išsidėstymas pateiktas 4 lentelėje (-). Šie duomenys bus naudojami tolimesniuose skaičiavimuose norint išrinkti geriausią metro stoties vietą panaudojant GIS duomenis. Pašalinamų uolienu kiekiu ataskaita pridedama 4 priede.

2.3.4. Antžeminis vietos susisiekimo patogumas (balais)

Metro stotys yra projektuojamos bei statomos tam, kad ne tik palengvintų susisiekimą tarp tam tikrų miestų ar rajonų, pagerintų antžeminį susisiekimą (žmonės, kurie naudojami viešuoju transportu sumažina spūsciu tikimybę), bet ir sumažintų tarša miestuose. Planuodami savo keliones žmonės labiausiai atsižvelgia į laiką. Todėl norint pateikti iki metro stoties įėjimo, labai svarbus antžeminis viešasis išplanavimas. Šiame kokybiniame susisiekimo patogumo nagrinėjime bus atsižvelgta į galimybę privažiuoti maršrutiniams taksi, netoliese esančioms autobusų ar tramvajaus stotims.

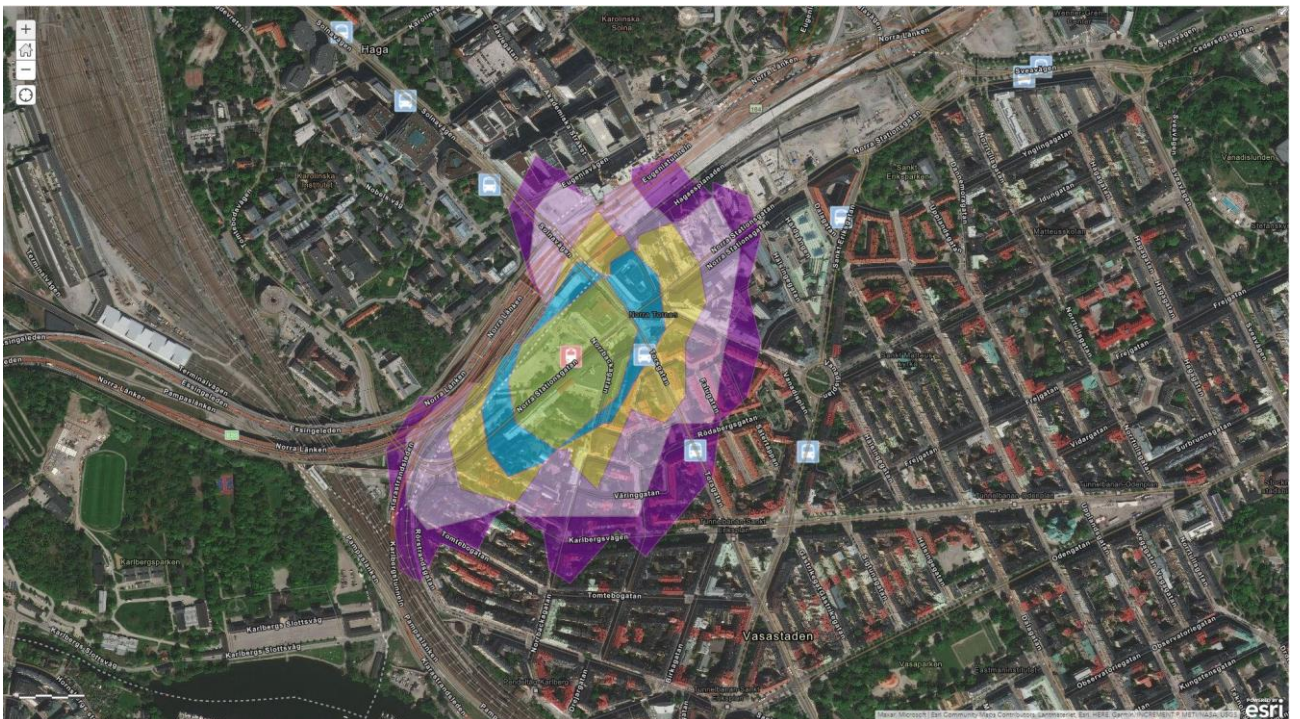
Analizuojamas kelionės laikas pėsčiomis iš projektuojamų metro stočių vietų iki artimiausių stotelių buvo skaičiuotas nuo 1 iki 5 min. Šiai analizei atlikti buvo naudojama Arcgis programa, kurios pagalva buvo sukurtos tiriamų metro stočių vietos bei dominamų esamų stotelių vietos, kurias naudojant buvo atlikto laiko analizės iš skirtingų vietų. Žemiau pateiktuose paveikslėliuose yra pateikti skirtingų spalvų plotai kurie atspindi kelionės laika nuo atskaitos taško, kuris šiuo atveju yra metro stočių vietos. Šios analizės tikslas yra apžvelgti ar aplinkui metro stoties vietas yra pakankamas stotelių skaičius ir kiek trunka jas pasiekti.

Pirmoji laiko analizė keliaujant iš Hagastaden pietinės metro stoties į artimiausias autobusų stoteles yra pavaizduota 14 pav. Analizuojamas kelionės laikų plotai šiuo atžvilgiu apima 6 autobusų stoteles (vienas autobusų stotelės simbolis žymi skirtingose gatvės pusėse esančias stoteles). Į kelionės laika iki 1min (žalios spalvos plotas) patenka dvi stotys, 4 min dvi stotys bei taip pat dvi stotys patenka į 5 min kelionės pėsčiomis laiką.



14 pav. Hagastaden pietinės metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė

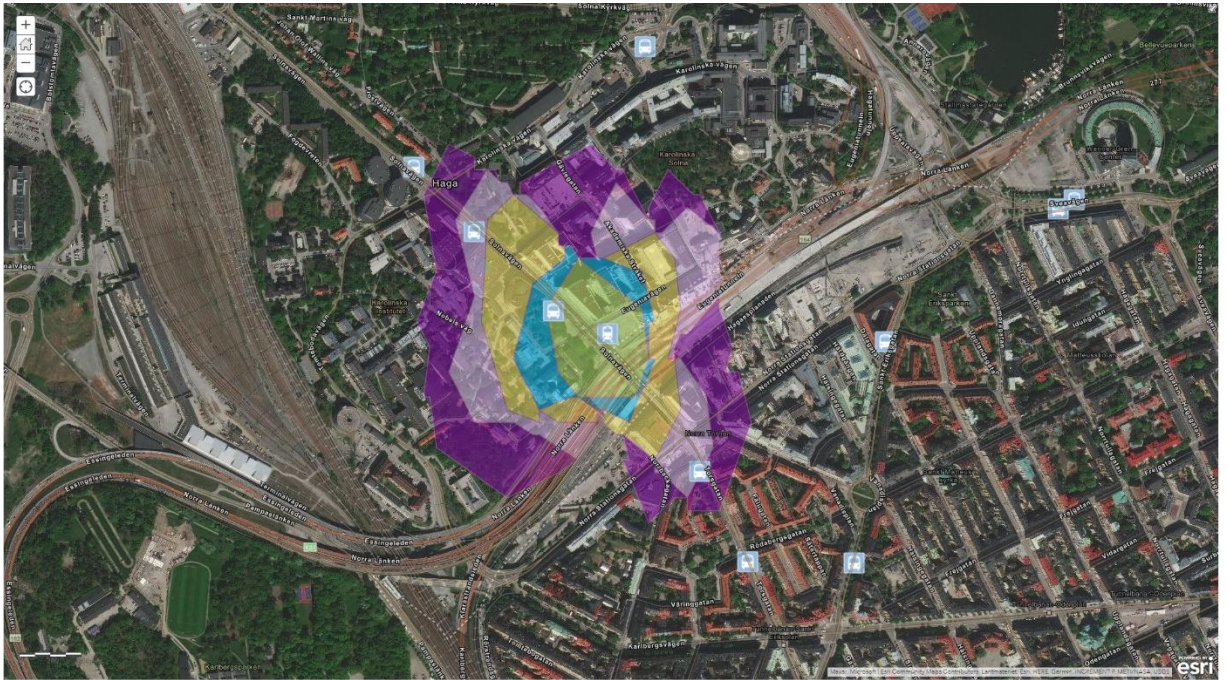
Hagastaden 15 pav. 1 alternatyva yra nutolusi nedaug nuo Hagastaden pietinės stoties vietos, tačiau kelionės laiko skirtumas akivaizdus. Artimiausios dvi stotelės yra už 2 min kelio, sekančios dvi stotelės patekusios į kelionės zoną yra už 5min kelio. Keliaujantys žmonės norėdami pasiekti likusias pavaizduotas stoteles turės sugaiši daugiau nei 5 min laiko.



15 pav. Hagastaden 1 alternatyvos metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė

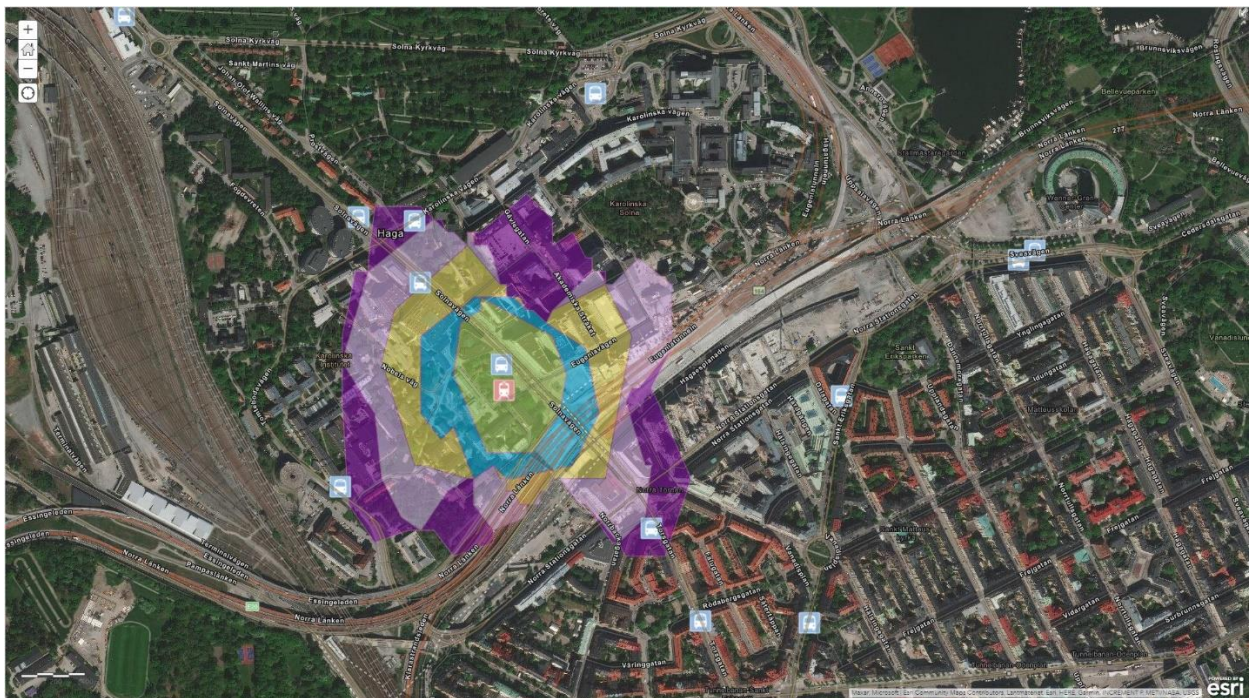
Hagastaden šiaurinė metro stoties vietos laiko analizė 16 pav. kaip ir į pietinės stoties laiko zoną patenka 6 stotelės. Dvi stotelės patenka į 1 min kelionės laiką ir sekančios 4 patenka į 4 min laiką.

Keliaujantys žmonės norėdami pasiekti likusias pavaizduotas stoteles turės sugaišti daugiau nei 5 min laiko.



16 pav. Hagastaden šiaurinės metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė

2 alternatyvos Hagastaden laiko susisiekimo laiko analizės 17 pav. zona apima 8 stotelės. Dvi patenka į 1 min kelionės laiką, - 2 patenka į 4 min kelionės laiką ir likusios 4 stotelės patenka į 5 min kelionės laiką pėsčiomis. Keliaujantys žmonės norėdami pasiekti likusias pavaizduotas stoteles turės sugaišti daugiau nei 5 min laiko.



17 pav. Hagastaden 2 alternatyvos metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė

Į Hagalund pietinės metro stoties vietos laiko analizės 18 pav. zoną patenka 10 stotelių. Artimiausios dvi stotelės yra už 2 min kelio, 6 stotelės yra už 4 min kelio ir norint pasiekti likusias dvi turėsime keliauti 5 min. Keliaujantys žmonės norėdami pasiekti likusias pavaizduotas stoteles turės sugaišti daugiau nei 5 min laiko.



18 pav. Hagalund pietinės metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė

Hagalund 1 alternatyvos metro stoties vietos susisiekimo laiko analizės 19 pav. zona apima 8 stoteles. Iki artimiausių 4 stotelių yra 2min kelio, likusios 4 stotelės patekusios į 5min analizės zoną. Keliaujantys žmonės norėdami pasiekti likusias pavaizduotas stoteles turės sugaišti daugiau nei 5 min laiko.



19 pav. Hagalund 1 alternatyvos metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė

Susisiekimo laiko analizė Hagalund šiaurinės metro stoties 20 pav. apima tik 4 stoteles. Šioje analizėje matome, kad šioje zonoje susisiekimas nėra išvystytas. Artimiausios dvi stotelės yra už 4 min kelio ir likusios dvi stotelės patenka į 5 min kelionės zoną. Keliaujantys žmonės norėdami pasiekti likusias pavaizduotas stoteles turės sugaišti daugiau nei 5 min laiko.



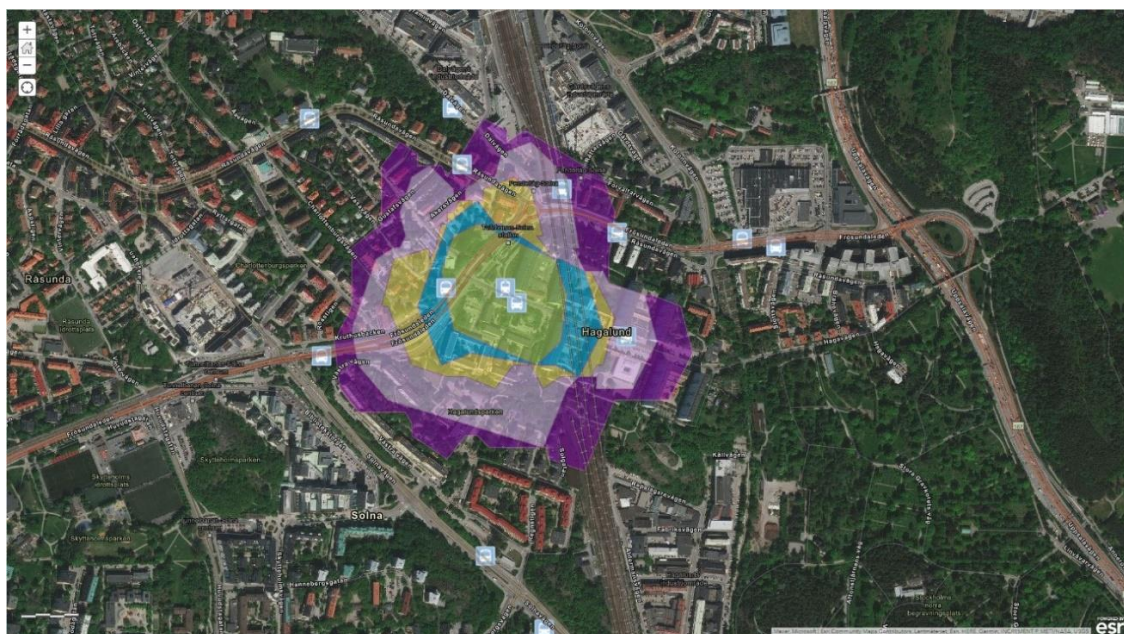
20 pav. Hagalund šiaurinės metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė

Susisiekimo Hagalund 2 alternatyvos metro stoties 21 pav. vietos laiko analizė apima kaip ir šiaurinės stoties vieta - 4 stoteles. Artimiausios keturios stotelės yra už 5 min kelio. Keliaujantys žmonės norėdami pasiekti likusias pavaizduotas stoteles turės sugaišti daugiau nei 5 min laiko.



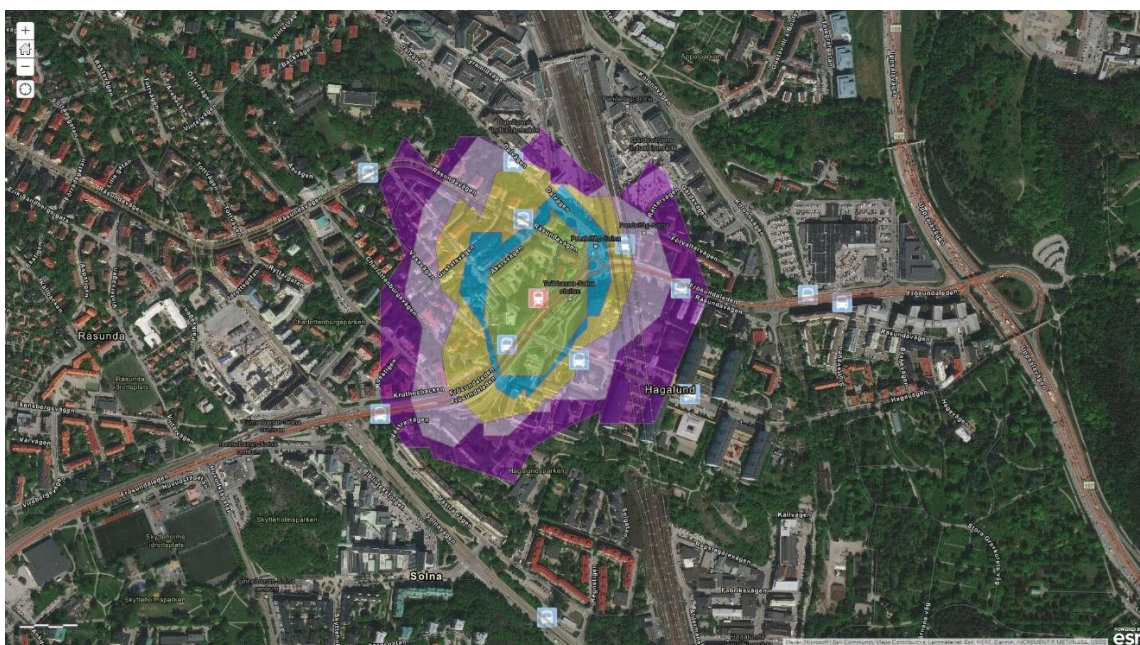
21 pav. Hagalund 2 alternatyvos metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė

Į Arenastaden pietinės stoties 22 pav. antžeminio susisiekimo laiko analizės plotą patenka 10 stotelių. Artimiausios dvi stotelės patenka į 1 min susisiekimo zoną, į 2 min zoną patenka taip pat dvi stotelės. Keturios stotelės yra už 4min kelio ir paskutinės dvi patenka į 5 min kelio zoną. Keliaujantys žmonės norėdami pasiekti likusias pavaizduotas stoteles turės sugaiši daugiau nei 5 min laiko.



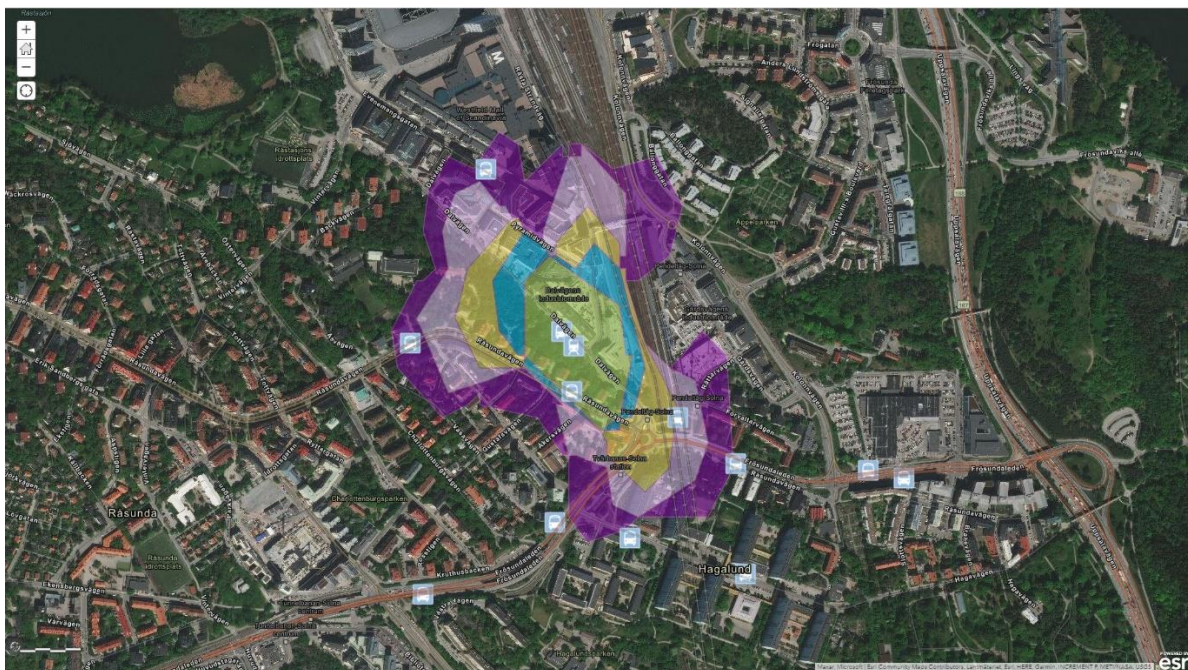
22 pav. Arenastaden pietinės metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė

Žemiau pateiktame 23 pav. matome Arenastaden 1 alternatyvos antžeminio susisiekimo laiko analizės plotus į kuriuos patenka 12 stotelių. Artimiausios dvi stotelės yra už 1 min kelio pėsčiomis. Keturios stotelės patenka į 3 min laiko zoną. Į 4min kelionės zoną patenka taip pat 4 stotelės. Paskutinės dvi stotelės patenka į 5 min kelionės pėsčiomis laiko zoną. Keliaujantys žmonės norėdami pasiekti likusias pavaizduotas stoteles turės sugaiši daugiau nei 5 min laiko.



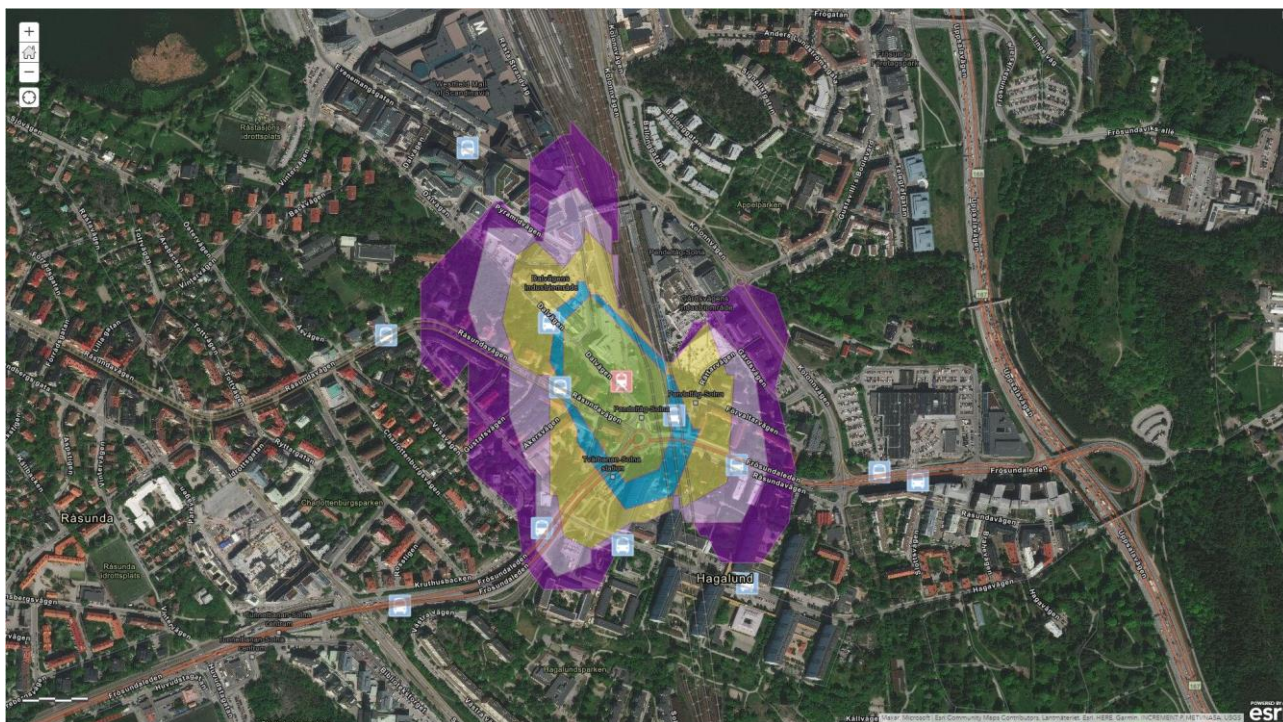
23 pav. Arenastaden 1 alternatyvos metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė

Į Arenastaden šiaurinės stoties 24 pav. antžeminio susisiekimo laiko analizės plotą patenka 10 stotelių. Artimiausios keturios stotelės patenka į 1 min susisiekimo zoną, į 4 min zoną patenka taip pat dvi stotelės. Keturios stotelės yra už 5 min kelio. Keliaujantys žmonės norėdami pasiekti likusias pavaizduotas stoteles turės sugaišti daugiau nei 5 min laiko.



24 pav. Arenastaden šiaurinės metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė

Paskutinė laiko analizė buvo atlikta Arenastaden 2 alternatyvai 25 pav. Į šios metro stoties laiko analizės zoną patenka 10 stotelių. Artimiausios dvi stotelės patenka į 2 min zoną, šešios stotelės patenka į 3 min laiko zoną ir paskutinės dvi į 5 min laiko zoną. Keliaujantys žmonės norėdami pasiekti likusias pavaizduotas stoteles turės sugaišti daugiau nei 5 min laiko.



25 pav. Arenastaden 2 alternatyvos metro stoties vietos susisiekimo laiko analizė

Atlikus antžeminio susisiekimo laiko analizę projektuojamoms metro stočių vietoms bei jų pasirinktoms alternatyvoms buvo prieita prie šių išvadų:

- Projektuojamų metro stočių vietos bei jų parinktos alternatyvos yra patogios privažiuoti naudojant taksi paslaugas, nebuvo pastebėtų trukdančių kliūčių naudojant automobilį privažiuoti prie metro stoties įėjimo vietos.
- Mažiausiai stotelių patekusių į laiko analizės zoną po 4 vnt. buvo Hagastaden 1 alternatyvos, Hagalund šiaurinės ir Hagalund 2 alternatyvos metro stočių vietos atžvilgiu. Lyginant stotelių skaičių bei kelionės laiką iki jų, šiose zonose reikėtų apsvarstyti papildomus viešojo transporto maršrutus arba įtraukti papildomas stoteles.
- Likusios analizuotos metro stočių vietos bei susisiekimas iki aplinkui esančių stotelių yra patogus ir vertinamas teigiamai, esamų stotelių kiekis bei kelionės iki jų yra patenkinamas todėl įrengti papildomų stotelių šiose zonose būtinybės nėra.

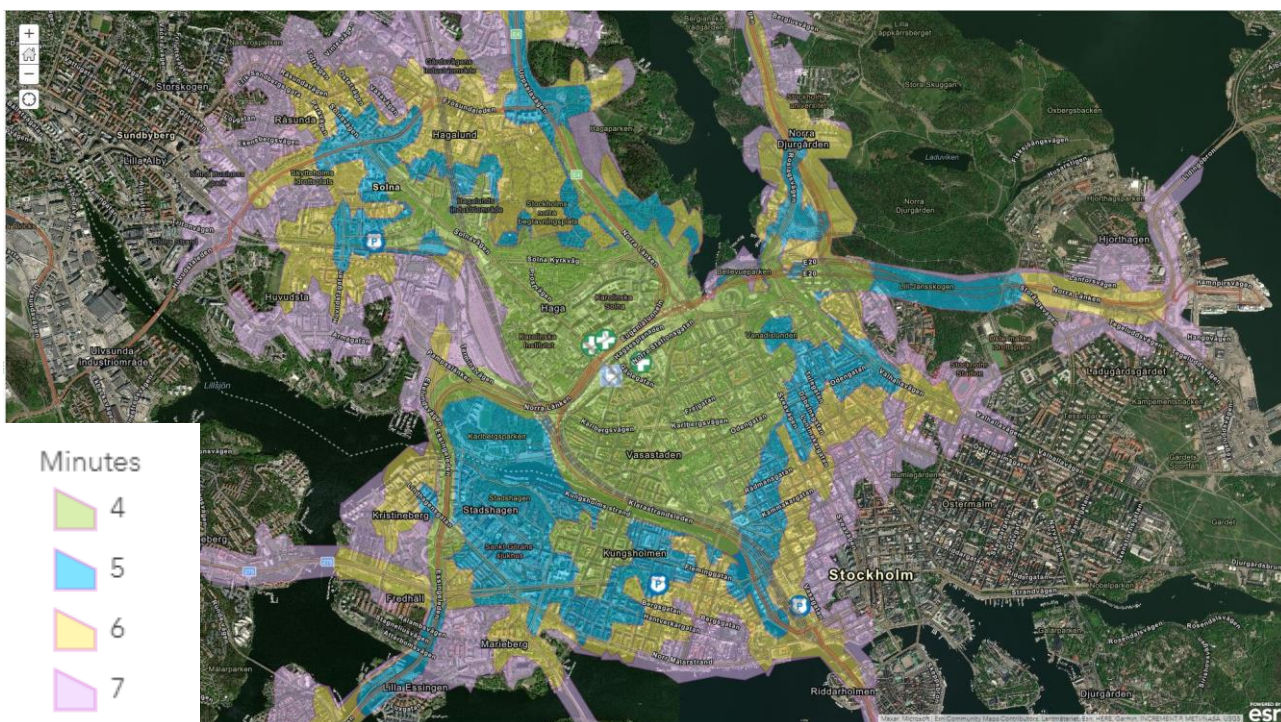
2.3.5. Vietos saugumas (balais)

Projektuojant įvairios paskirties pastatus ne visada yra atsižvelgiama į vietos saugumą. Vietos, kuriose per dieną apsilanko tūkstančiai žmonių, turi būti saugios ne tik tiesiogiai (saugoma apsaugos, policijos ar karo policijos), bet ir planinėje padėtyje atsidurti arčiau pagalbos punktų. Šiame skyrelyje bus nagrinėjamos suprojektuotų metro stočių vietos bei atstumai iki artimiausių ligoninių, policijos stočių, kurie įvykus nelaimei galės greitai reaguoti ir suteikti reikalingą pagalbą.

Apžvelgus Hagastaden pietinės stoties laiko analizės 26 pav. ir 5 lentelės duomenis ir apibendrinus rezultatus buvo nustatyta, jog bendras atstumas iki policijos stočių ir ligoninių vietų yra 9,1 km, o bendras patekimo laikas iki tiriamųjų objektų vietų yra 28 min.

5 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagastaden pietinės metro stoties

Stotis	Stoties įėjimo vieta	Policijos stotis/Gydymo įstaiga	Vieta	Atstumas iki vietos	Laikas iki vietos
Hagastaden	Pietinė	Policijos stotis	Polisen - Sundbybergsvägen 15, Solna	2,4 km	5 min
		Policijos stotis	Kungsholmsgatan 43, 106 75 Stockholm	2,3 km	5 min
		Policijos stotis	Klarabergsviadukten 49, 111 64 Stockholm	3,2 km	6 min
		Ligoninė	Eugeniavägen 3, 171 64 Solna	0,35 km	< 4 min
		Ligoninė	Eugeniavägen 12, 171 64 Solna	0,55 km	< 4 min
		Ligoninė	Norra Stationsgatan 69, 113 64 Stockholm	0,3 km	< 4 min

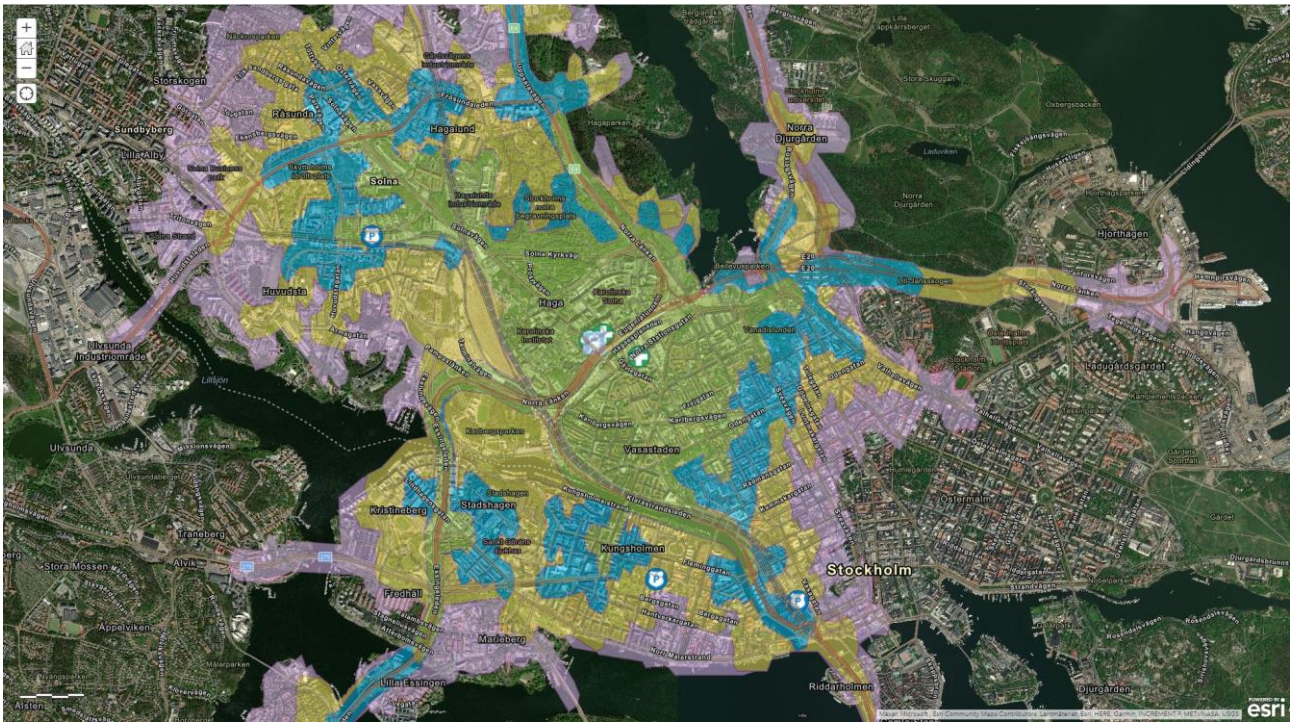


26 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagastaden pietinės metro stoties laiko analizė

Apžvelgus Hagastaden šiaurinės stoties laiko analizės 27 pav. ir 6 lentelės duomenis ir apibendrinus rezultatus buvo nustatyta, jog bendras atstumas iki policijos stočių ir ligonių vietų yra 8,98 km, o bendras patekimo laikas iki tiriamųjų objektų vietų yra 27 min.

6 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagastaden šiaurinės metro stoties

Stotis	Stoties įėjimo vieta	Policijos stotis/Gydymo įstaiga	Vieta	Atstumas iki vietos	Laikas iki vietos
Hagastaden	Šiaurinė	Policijos stotis	Polisen - Sundbybergsvägen 15, Solna	2,3 km	4 min
		Policijos stotis	Kungsholmsgatan 43, 106 75 Stockholm	2,4 km	6 min
		Policijos stotis	Klarabergsviadukten 49, 111 64 Stockholm	3,4 km	5 min
		Ligoninė	Eugeniavägen 3, 171 64 Solna	0,1 km	< 4 min
		Ligoninė	Eugeniavägen 12, 171 64 Solna	0,18 km	< 4 min
		Ligoninė	Norra Stationsgatan 69, 113 64 Stockholm	0,6 km	< 4 min

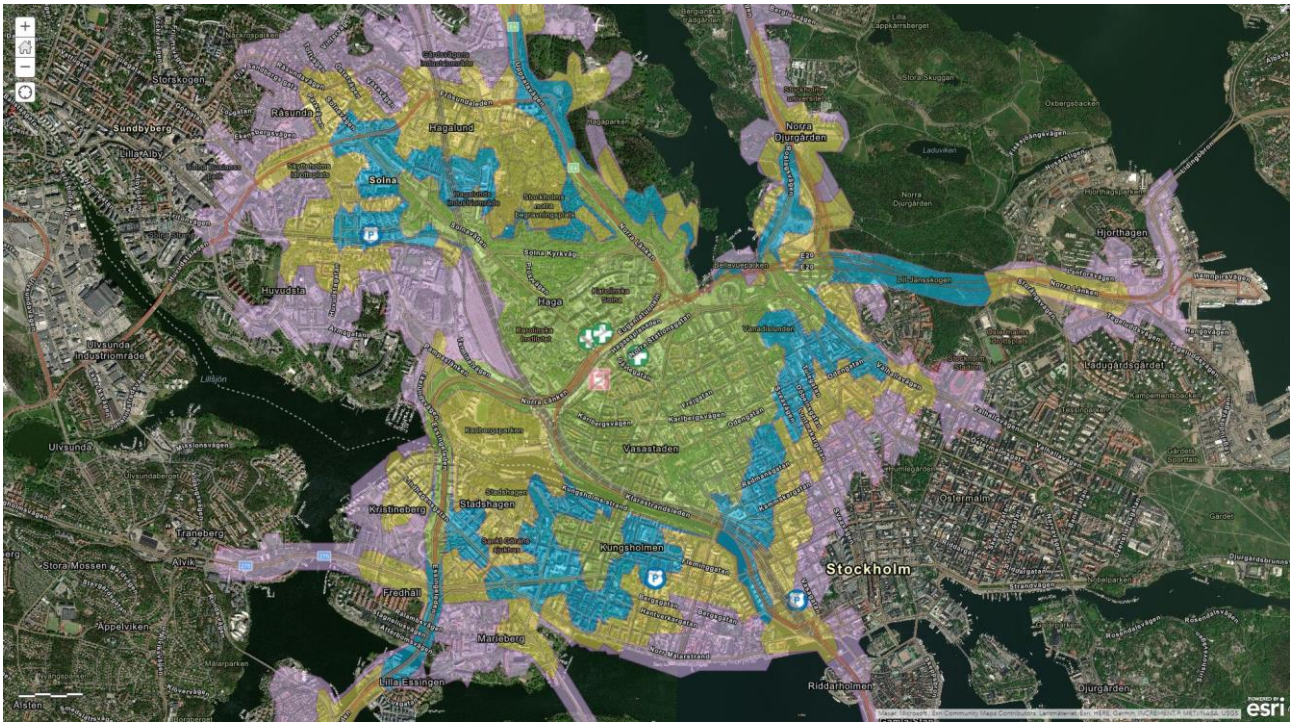


27 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagastaden šiaurinės metro stoties laiko analizė

Apžvelgus Hagastaden 1 alternatyvos stoties laiko analizės 28 pav. ir 7 lentelės duomenis ir apibendrinus rezultatus buvo nustatyta, jog bendras atstumas iki policijos stočių ir ligonių vietų yra 9,4 km, o bendras patekimo laikas iki tiriamųjų objektų vietų yra 29 min.

7 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagastaden 1 alternatyvos metro stoties

Stotis	Stoties įėjimo vieta	Policijos stotis/Gydymo įstaiga	Vieta	Atstumas iki vietos	Laikas iki vietos
Hagastaden	1 alternatyva	Policijos stotis	Polisen - Sundbybergsvägen 15, Solna	2,5 km	5 min
		Policijos stotis	Kungsholmsgatan 43, 106 75 Stockholm	2,2 km	6 min
		Policijos stotis	Klarabergsviadukten 49, 111 64 Stockholm	3,2 km	6 min
		Ligoninė	Eugeniavägen 3, 171 64 Solna	0,45 km	< 4 min
		Ligoninė	Eugeniavägen 12, 171 64 Solna	0,65 km	< 4 min
		Ligoninė	Norra Stationsgatan 69, 113 64 Stockholm	0,4 km	< 4 min

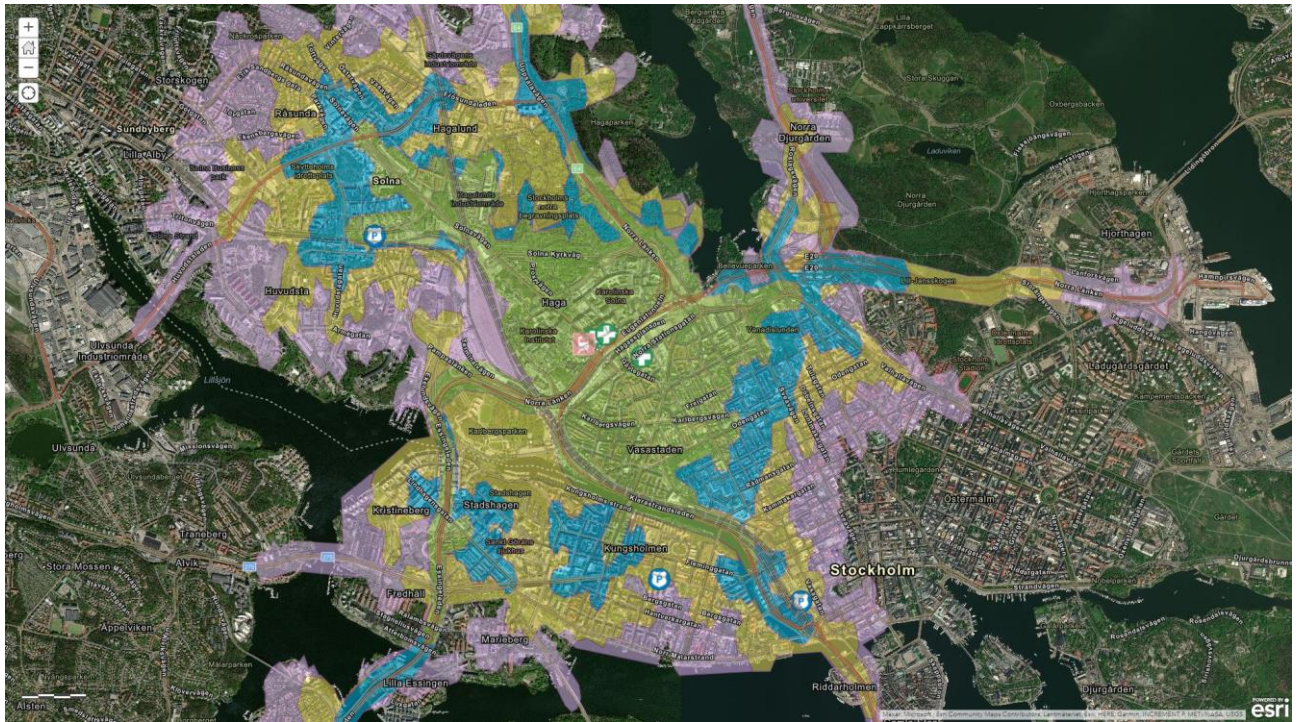


28 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagastaden 1 alternatyvos metro stoties laiko analizė

Apžvelgus Hagastaden 2 alternatyvos stoties laiko analizės 29 pav. ir 8 lentelės duomenis ir apibendrinus rezultatus buvo nustatyta, jog bendras atstumas iki policijos stočių ir ligonių vietų yra 8,94 km, o bendras patekimo laikas iki tiriamųjų objektų vietų yra 29 min.

8 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagastaden 2 alternatyvos metro stoties

Stotis	Stoties įėjimo vieta	Policijos stotis/Gydymo įstaiga	Vieta	Atstumas iki vietos	Laikas iki vietos
Hagastaden	2 alternatyva	Policijos stotis	Polisen - Sundbybergsvägen 15, Solna	2,1 km	5 min
		Policijos stotis	Kungsholmsgatan 43, 106 75 Stockholm	2,4 km	6 min
		Policijos stotis	Klarabergsviadukten 49, 111 64 Stockholm	3,4 km	6 min
		Ligoninė	Eugeniavägen 3, 171 64 Solna	0,1 km	< 4 min
		Ligoninė	Eugeniavägen 12, 171 64 Solna	0,29 km	< 4 min
		Ligoninė	Norra Stationsgatan 69, 113 64 Stockholm	0,65 km	< 4 min

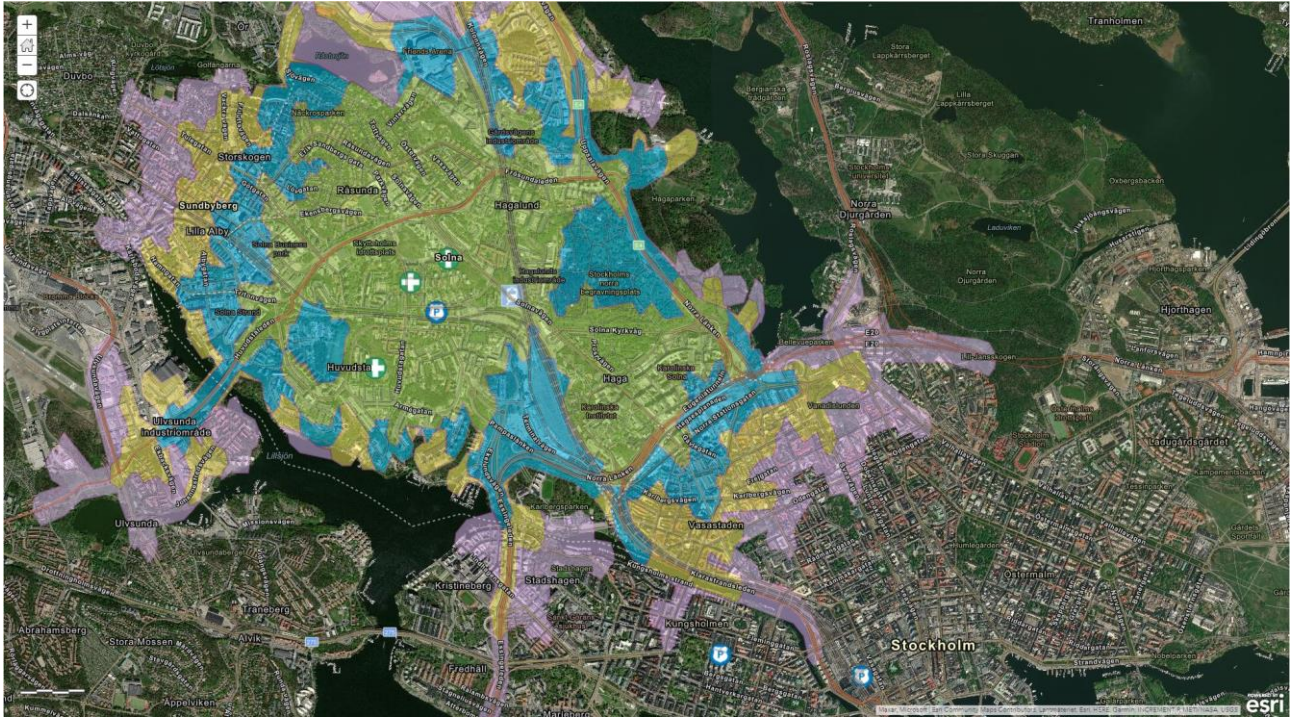


29 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagastaden 2 alternatyvos metro stoties laiko analizė

Apžvelgus Hagalund pietinės stoties laiko analizės 30 pav. ir 9 lentelės duomenis ir apibendrinus rezultatus buvo nustatyta, jog bendras atstumas iki policijos stočių ir ligonių vietų yra 14,1 km, o bendras patekimo laikas iki tiriamųjų objektų vietų yra 30 min.

9 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagalund pietinės metro stoties

Stotis	Stoties įėjimo vieta	Policijos stotis/Gydymo įstaiga	Vieta	Atstumas iki vietos	Laikas iki vietos
Hagalund	Pietinė	Policijos stotis	Polisen - Sundbybergsvägen 15, Solna	1,0 km	< 4 min
		Policijos stotis	Kungsholmsgatan 43, 106 75 Stockholm	3,8 km	> 7 min
		Policijos stotis	Klarabergsviadukten 49, 111 64 Stockholm	4,8 km	> 7 min
		Ligoninė	Bredkilsbacken 1, 171 53 Solna	1,8 km	< 4 min
		Ligoninė	Hannebergsgatan 41, 171 68 Solna	1,2 km	< 4 min
		Ligoninė	Thoraxhuset, 171 76 Solna	1,5 km	< 4 min

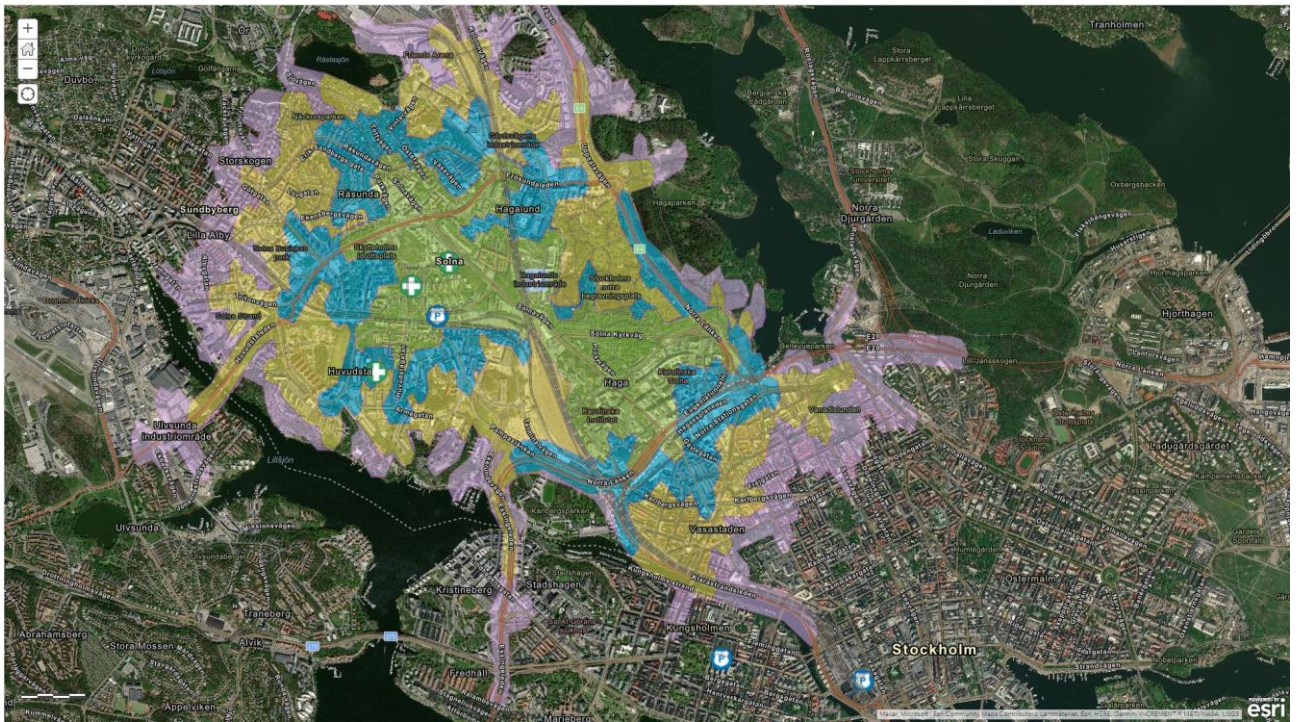


30 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagalund pietinės metro stoties laiko analizė

Apžvelgus Hagalund šiaurinės stoties laiko analizės 31 pav. ir 10 lentelės duomenis ir apibendrinus rezultatus buvo nustatyta, jog bendras atstumas iki policijos stočių ir ligoninių vietų yra 19,4 km, o bendras patekimo laikas iki tiriamųjų objektų vietų yra 31 min.

10 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagalund šiaurinės metro stoties

Stotis	Stoties įėjimo vieta	Policijos stotis/Gydymo įstaiga	Vieta	Atstumas iki vietos	Laikas iki vietos
Hagalund	Šiaurinė	Policijos stotis	Polisen - Sundbybergsvägen 15, Solna	1,4 km	4 min
		Policijos stotis	Kungsholmsgatan 43, 106 75 Stockholm	3,9 km	> 7 min
		Policijos stotis	Klarabergsviadukten 49, 111 64 Stockholm	4,9 km	> 7 min
		Ligoninė	Bredkilsbacken 1, 171 53 Solna	2,5 km	5 min
		Ligoninė	Hannebergsgatan 41, 171 68 Solna	5 km	< 4 min
		Ligoninė	Thoraxhuset, 171 76 Solna	1,7 km	< 4 min

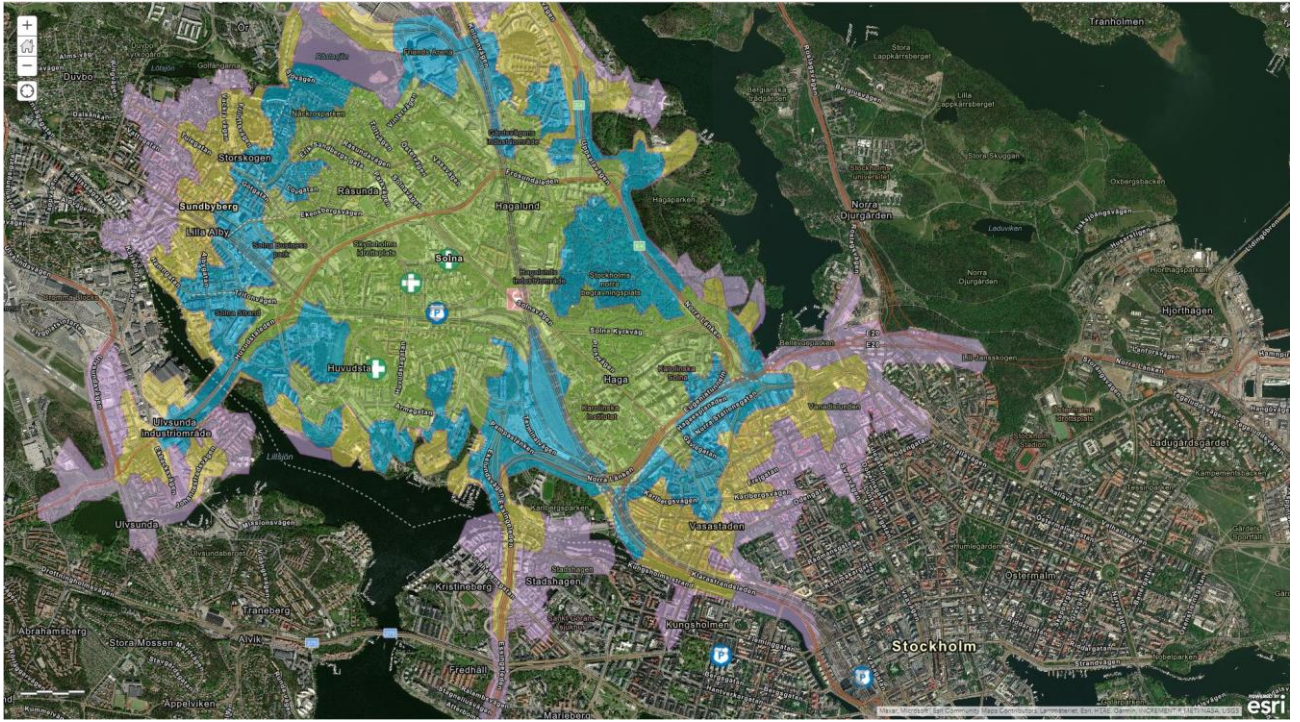


31 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagalund šiaurinės metro stoties laiko analizė

Apžvelgus Hagalund 1 alternatyvos stoties laiko analizės 32 pav. ir 11 lentelės duomenis ir apibendrinus rezultatus buvo nustatyta, jog bendras atstumas iki policijos stočių ir ligonių vietų yra 16,9 km, o bendras patekimo laikas iki tiriamųjų objektų vietų yra 30 min.

11 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagalund 1 alternatyvos metro stoties

Stotis	Stoties įėjimo vieta	Policijos stotis/Gydymo įstaiga	Vieta	Atstumas iki vietos	Laikas iki vietos
Hagalund	1 alternatyva	Policijos stotis	Polisen - Sundbybergsvägen 15, Solna	1,6 km	< 4 min
		Policijos stotis	Kungsholmsgatan 43, 106 75 Stockholm	3,8 km	> 7 min
		Policijos stotis	Klarabergsviadukten 49, 111 64 Stockholm	4,8 km	> 7 min
		Ligoninė	Bredkilsbacken 1, 171 53 Solna	2,7 km	< 4 min
		Ligoninė	Hannebergsgatan 41, 171 68 Solna	2,1 km	< 4 min
		Ligoninė	Thoraxhuset, 171 76 Solna	1,9 km	< 4 min

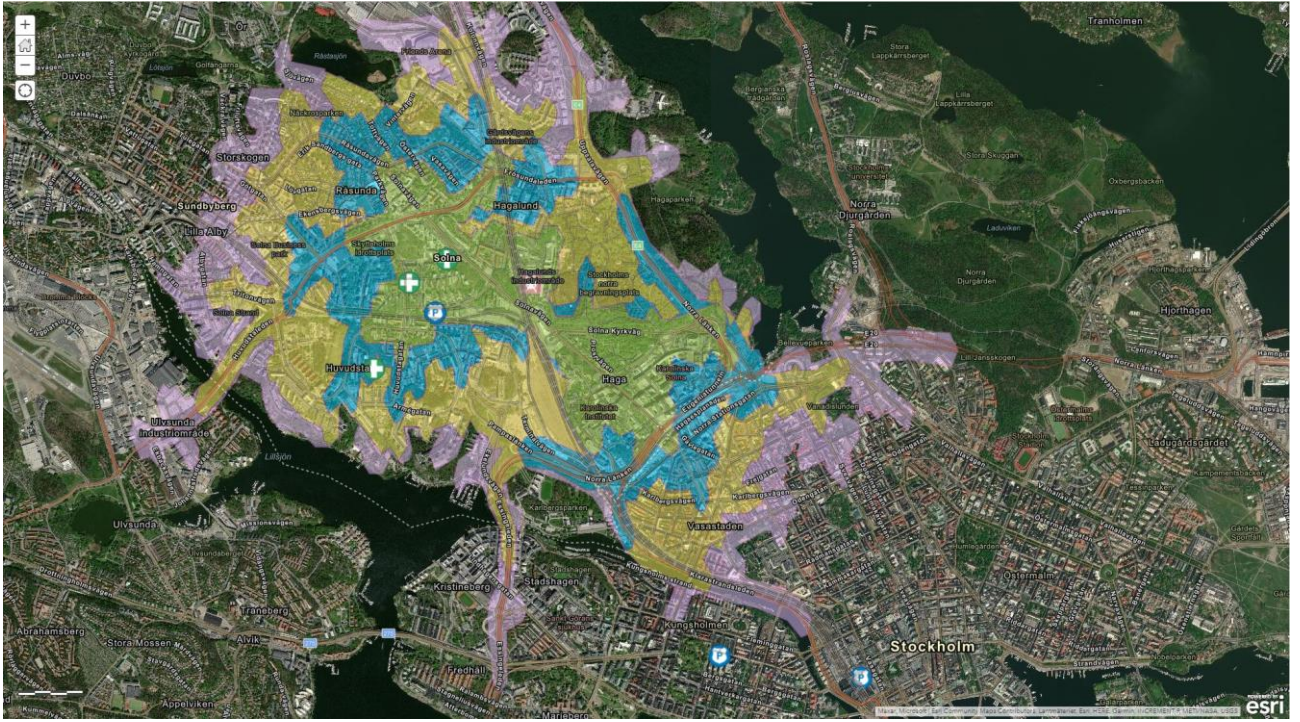


32 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagalund 1 alternatyvos metro stoties laiko analizė

Apžvelgus Hagalund 2 alternatyvos stoties laiko analizės 33 pav. ir 12 lentelės duomenis ir apibendrinus rezultatus buvo nustatyta, jog bendras atstumas iki policijos stočių ir ligonių vietų yra 16,3 km, o bendras patekimo laikas iki tiriamųjų objektų vietų yra 31 min.

12 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagalund 2 alternatyvos metro stoties

Stotis	Stoties įėjimo vieta	Policijos stotis/Gydymo įstaiga	Vieta	Atstumas iki vietos	Laikas iki vietos
Hagalund	2 alternatyva	Policijos stotis	Polisen - Sundbybergsvägen 15, Solna	1,4 km	4 min
		Policijos stotis	Kungsholmsgatan 43, 106 75 Stockholm	3,9 km	> 7 min
		Policijos stotis	Klarabergsviadukten 49, 111 64 Stockholm	4,9 km	> 7 min
		Ligoninė	Bredkilsbacken 1, 171 53 Solna	2,5 km	5 min
		Ligoninė	Hannebergsgatan 41, 171 68 Solna	1,9 km	< 4 min
		Ligoninė	Thoraxhuset, 171 76 Solna	1,7 km	< 4 min

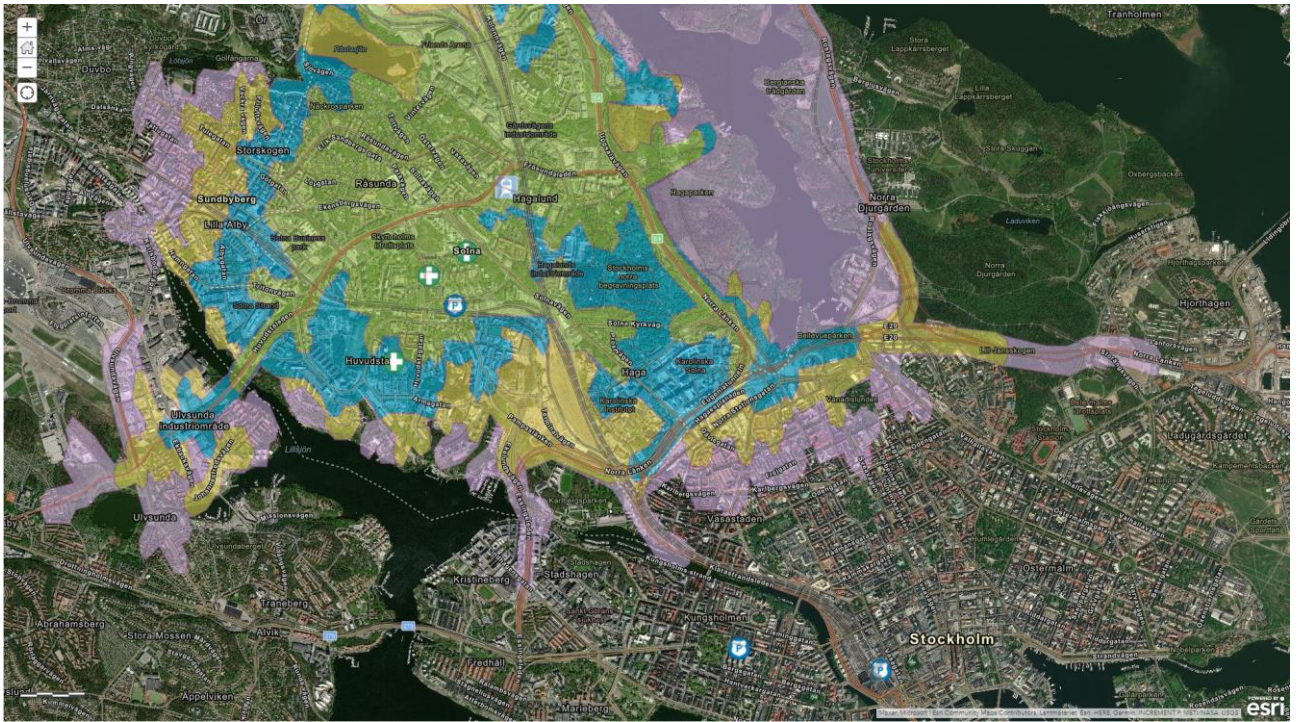


33 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Hagalund 2 alternatyvos metro stoties laiko analizė

Apžvelgus Arenastaden pietinės stoties laiko analizės 34 pav. ir 13 lentelės duomenis ir apibendrinus rezultatus buvo nustatyta, jog bendras atstumas iki policijos stočių ir ligoninių vietų yra 19,3 km, o bendras patekimo laikas iki tiriamųjų objektų vietų yra 31 min.

13 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Arenastaden pietinės metro stoties

Stotis	Stoties įėjimo vieta	Policijos stotis/Gydymo įstaiga	Vieta	Atstumas iki vietos	Laikas iki vietos
Arenastaden	Pietinė	Policijos stotis	Polisen - Sundbybergsvägen 15, Solna	1,7 km	< 4 min
		Policijos stotis	Kungsholmsgatan 43, 106 75 Stockholm	6,5 km	> 7 min
		Policijos stotis	Klarabergsviadukten 49, 111 64 Stockholm	6,2 km	> 7 min
		Ligoninė	Thoraxhuset, 171 76 Solna	1,2 km	< 4 min
		Ligoninė	Hannebergsgatan 41, 171 68 Solna	1,3 km	< 4 min
		Ligoninė	Bredkilsbacken 1, 171 53 Solna	2,4 km	5min



34 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Arenastaden pietinės metro stoties laiko analizė

Apžvelgus Arenastaden šiaurinės stoties laiko analizės 35 pav. ir 14 lentelės duomenis ir apibendrinus rezultatus buvo nustatyta, jog bendras atstumas iki policijos stočių ir ligonių vietų yra 20,4 km, o bendras patekimo laikas iki tiriamųjų objektų vietų yra 33 min.

14 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Arenastaden šiaurinės metro stoties

Stotis	Stoties įėjimo vieta	Policijos stotis/Gydymo įstaiga	Vieta	Atstumas iki vietos	Laikas iki vietos
Arenastaden	Šiaurinė	Policijos stotis	Polisen - Sundbybergsvägen 15, Solna	2,1 km	5 min
		Policijos stotis	Kungsholmsgatan 43, 106 75 Stockholm	5,7 km	> 7 min
		Policijos stotis	Klarabergsviadukten 49, 111 64 Stockholm	6,6 km	> 7 min
		Ligoninė	Thoraxhuset, 171 76 Solna	1,5 km	< 4 min
		Ligoninė	Hannebergsgatan 41, 171 68 Solna	1,7 km	< 4 min
		Ligoninė	Bredkilsbacken 1, 171 53 Solna	2,8 km	6 min



35 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Arenastaden šiaurinės metro stoties laiko analizė

Apžvelgus Arenastaden 1 alternatyvos stoties laiko analizės 36 pav. ir 15 lentelės duomenis ir apibendrinus rezultatus buvo nustatyta, jog bendras atstumas iki policijos stočių ir ligonių vietų yra 20,2 km, o bendras patekimo laikas iki tiriamųjų objektų vietų yra 31 min.

15 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Arenastaden 1 alternatyvos metro stoties

Stotis	Stoties įėjimo vieta	Policijos stotis/Gydymo įstaiga	Vieta	Atstumas iki vietos	Laikas iki vietos
Arenastaden	1 alternatyva	Policijos stotis	Polisen - Sundbybergsvägen 15, Solna	2,1 km	4 min
		Policijos stotis	Kungsholmsgatan 43, 106 75 Stockholm	5,6 km	> 7 min
		Policijos stotis	Klarabergsviadukten 49, 111 64 Stockholm	6,5 km	> 7 min
		Ligoninė	Thoraxhuset, 171 76 Solna	1,7 km	< 4 min
		Ligoninė	Hannebergsgatan 41, 171 68 Solna	1,6 km	< 4 min
		Ligoninė	Bredkilsbacken 1, 171 53 Solna	2,7 km	5 min

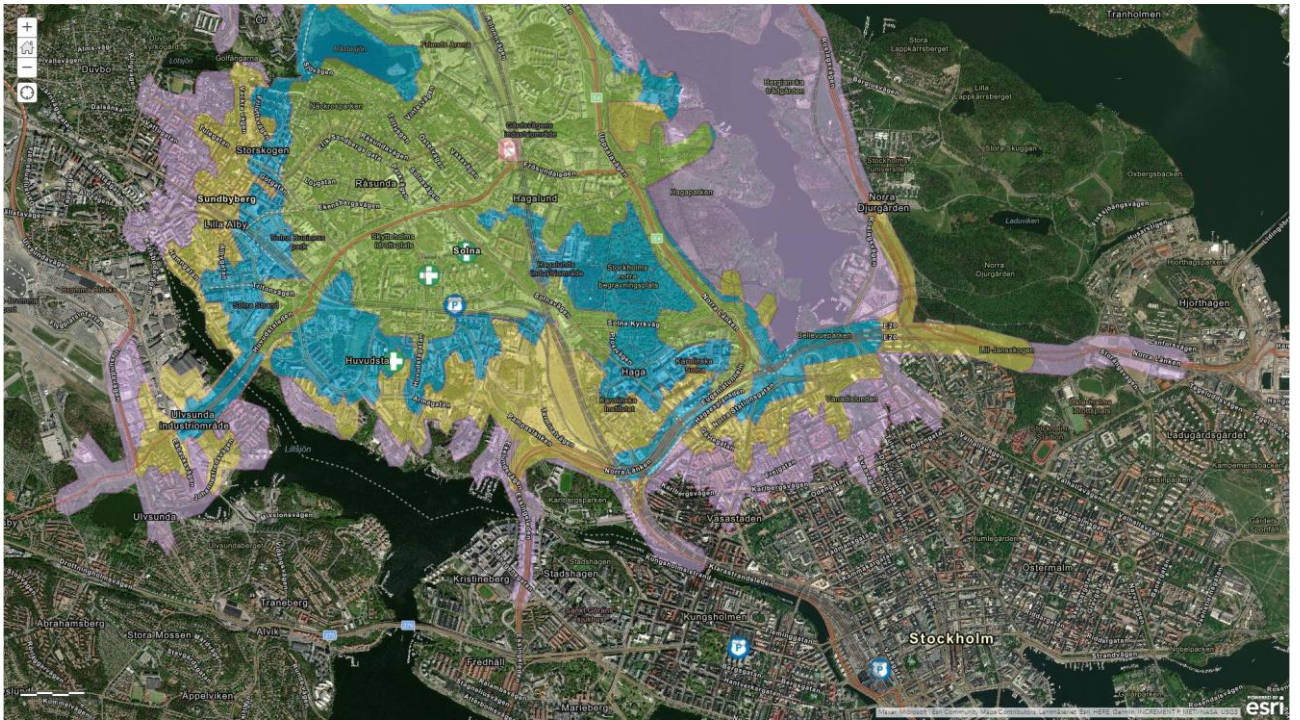


36 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Arenastaden 1 alternatyvos metro stoties laiko analizė

Apžvelgus Arenastaden 2 alternatyvos stoties laiko analizės 37 pav. ir 16 lentelės duomenis ir apibendrinus rezultatus buvo nustatyta, jog bendras atstumas iki policijos stočių ir ligonių vietų yra 19,8 km, o bendras patekimo laikas iki tiriamųjų objektų vietų yra 31 min.

16 lentelė. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Arenastaden 2 alternatyvos metro stoties

Stotis	Stoties įėjimo vieta	Policijos stotis/Gydymo įstaiga	Vieta	Atstumas iki vietos	Laikas iki vietos
Arenastaden	2 alternatyva	Policijos stotis	Polisen – Sundbybergsvägen 15, Solna	2,0 km	4 min
		Policijos stotis	Kungsholmsgatan 43, 106 75 Stockholm	5,5 km	> 7 min
		Policijos stotis	Klarabergsviadukten 49, 111 64 Stockholm	6,4 km	> 7 min
		Ligoninė	Thoraxhuset, 171 76 Solna	1,7 km	< 4 min
		Ligoninė	Hannebergsgatan 41, 171 68 Solna	1,6 km	< 4 min
		Ligoninė	Bredkilsbacken 1, 171 53 Solna	2,6 km	5 min



37 pav. Artimiausios policijos bei medicinos pagalbos stotys netoli Arenastaden 2 alternatyvos metro stoties laiko analizė

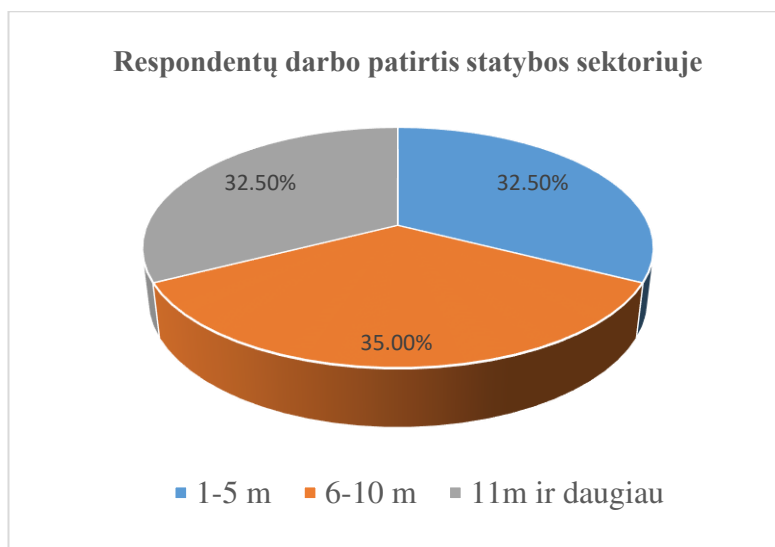
2.4. Taikomi tyrimo metodai

- Pasirinktų alternatyvų lyginamoji analizė atliekama taikant:
- Ekspertinis porinio palyginimo daugiakriterinis vertinimas – šis tyrimo metodas leidžia nustatyti svarbiausius kriterijus naudojantis apklausa;
- Teorinis entropijos daugiakriterinis vertinimas – šis vertinimo metodas leidžia nustatyti svarbiausius kriterijus iš surinktų duomenų;
- Daugiakriterinis naudingumo vertės metodas – šis vertinimo metodas leidžia nustatyti, kuri alternatyva yra geriausia ekspertiniu, teoriniu ir kompleksiniu metodu.
- Artumo idealiam taškui metodas – šis vertinimo metodas leidžia nustatyti, kuri alternatyva yra geriausia panaudojant ekspertinį kriterijų reikšmingumą.

3. Tyrimų rezultatai

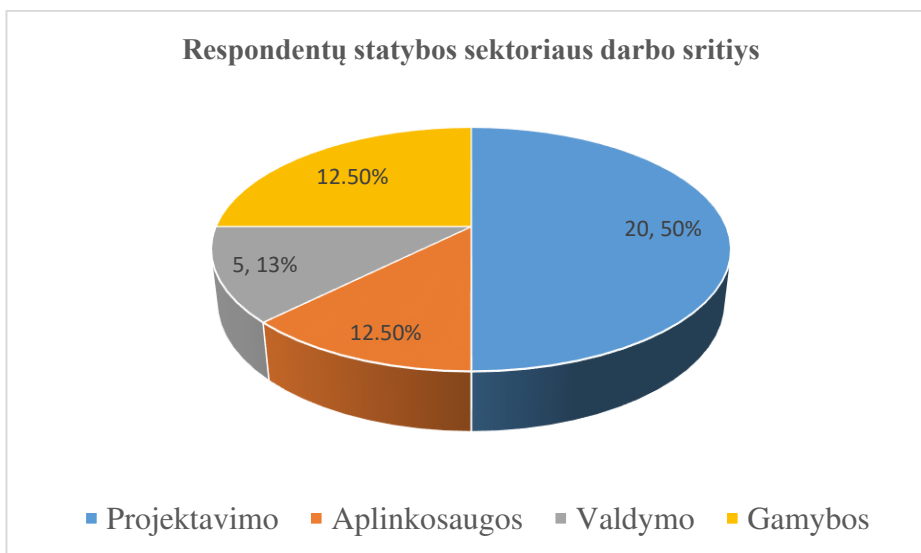
3.1. Apklauso anketos duomenų analizė

Apklausoje dalyvavo 40 respondentų, kurių darbo patirtis statybos srityje pavaizduota 38 paveiksle.



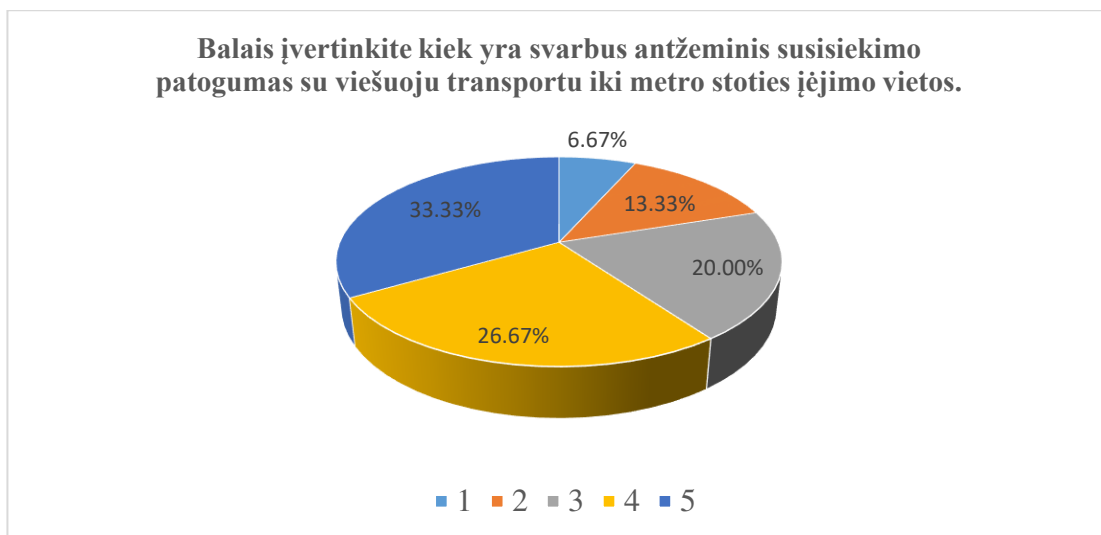
38 pav. Respondentų darbo patirties statybos sektoriuje pasiskirstymas pagal išdirbtus metus

Grafike matyti, jog daugumos apklauso respondentų darbo patirtis statybos sektoriuje yra 6-10 metų patirties t.y. 35%. Likusiųjų respondentų darbo patirtis 1-5 metai ir daugiau nei 11 metų pasidalino vienodai po 32,50 %.



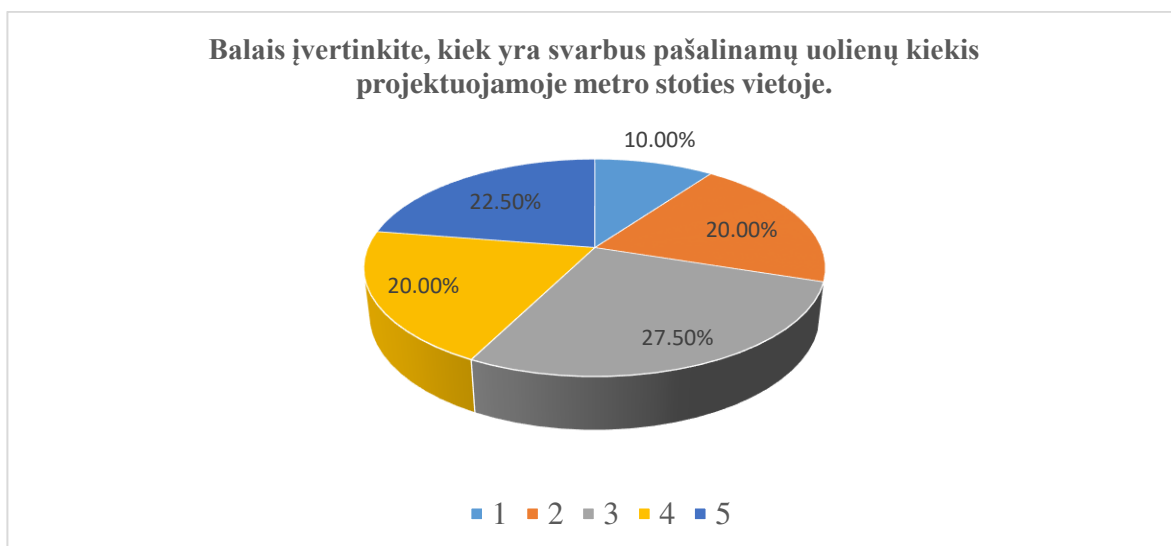
39 pav. Respondentų statybos sektoriaus darbo sritys

Aukščiau pateiktame grafike 39 pav. pateiktas respondentų statybos sektoriaus darbo sritis, kurioje anketos dalyviai dirba. Daugiausiai atsakiusių dirba projektavime 20,50%, gamybos ir aplinkosaugos srityje dirbančių yra po 12,50% ir mažiausiai dirbančių respondentų yra projektų valdyme – 5,13%.



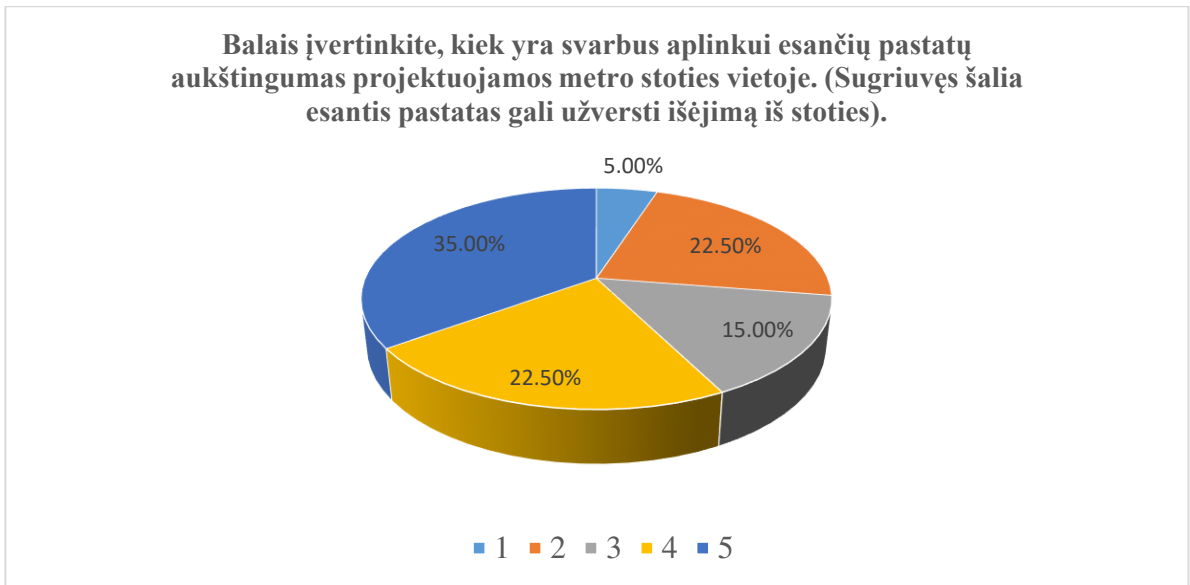
40 pav. Respondentų antžeminio susisiekimo svarbumo įvertinimas

40 pav. grafike respondentai balais nuo 1 iki 5 įvertino antžeminį susisiekimo patogumą su viešuoju transportu. Daugiausiai atsakiusiųjų pasirinko 5 balus, kas parodo, jog šis vertinimo kriterijus turi maksimalų balą.



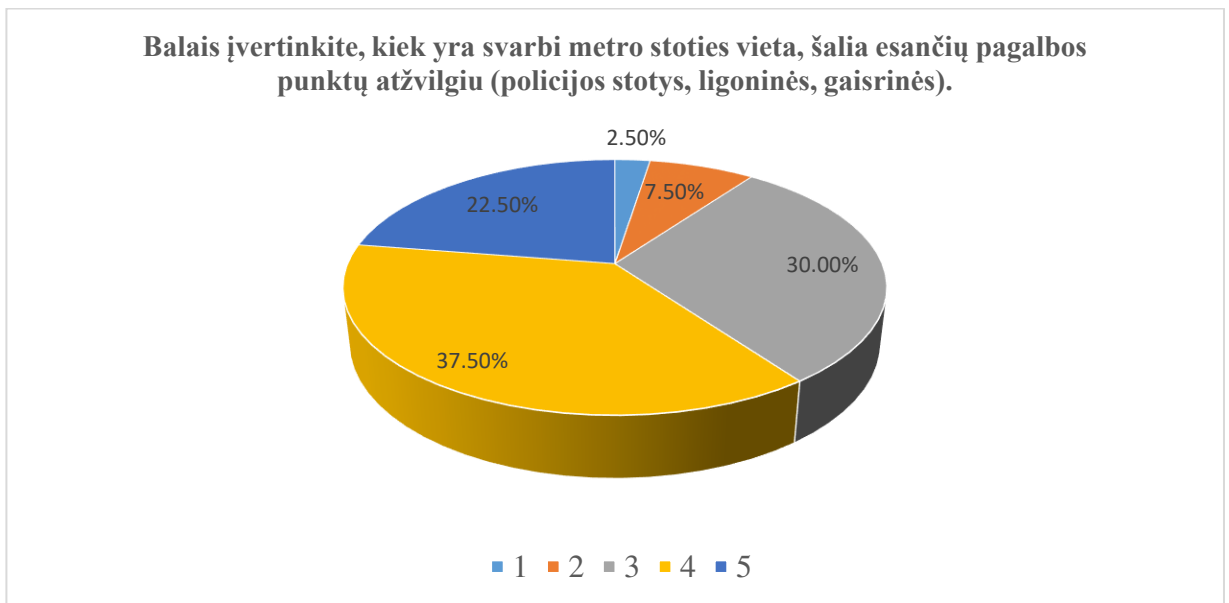
41 pav. Respondentų pašalinamų uolienuų kiekio svarbumo įvertinimas

Iš pašalinamų uolienuų kiekio projektuojamoje vietoje grafiko 41 pav. daugiausiai respondentų 27,50% pasirinko 3 balų svarbumą šiam kriterijui.



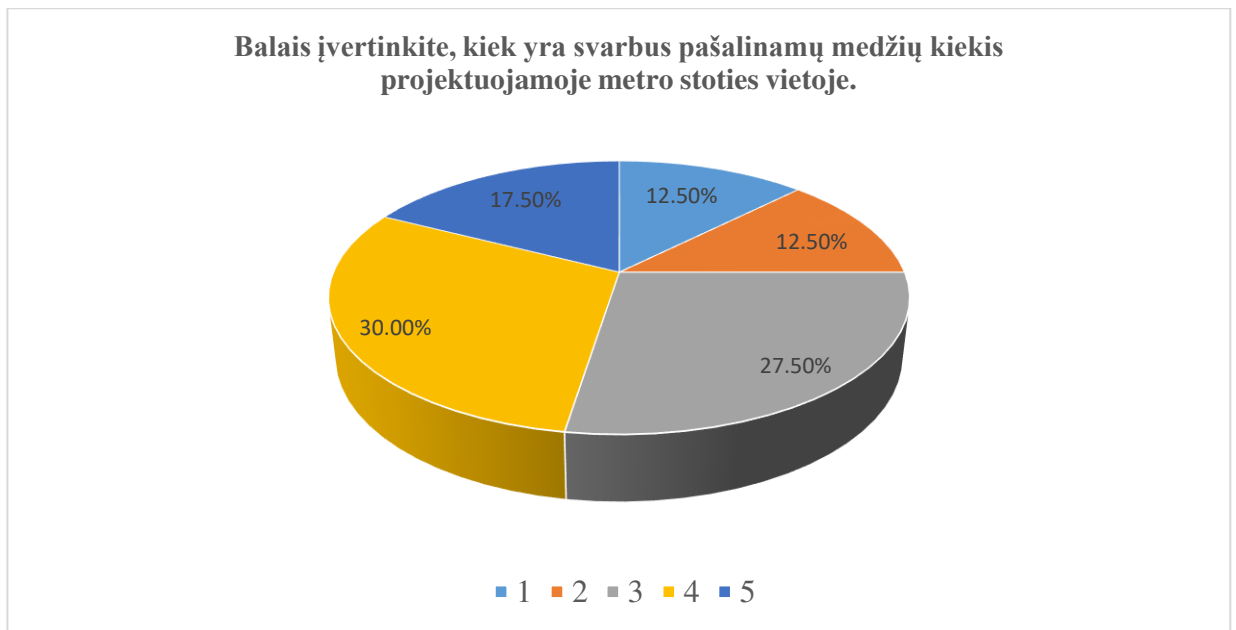
42 pav. Respondentų aplinkui esančių pastatų aukštingumo reikšmingumo įvertinimas

Aplinkui analizuojamų metro stočių vietų pastatų aukštingumas 42 pav. grafike buvo įvertintas maksimaliais 5 balais. 35% anketos respondentų skyrė aukščiausią balą šiam vertinimo kriterijui.



43 pav. Respondentų stoties vietos saugumo reikšmingumo įvertinimas

Metro stoties vietos saugumo vertinimo kriterijaus apklausos reikšmingumo 43 pav. grafike daugiausiai respondentų skyrė 4 balus 37,50%.



44 pav. Respondentų pašalinamų medžių metro statybos vietoje svarbumo įvertinimas

Metro stoties statybos zonoje pašalinamų medžių kiekio apklausos reikšmingumo kriterijus 44 pav. grafike buvo įvertintas 4 balais.

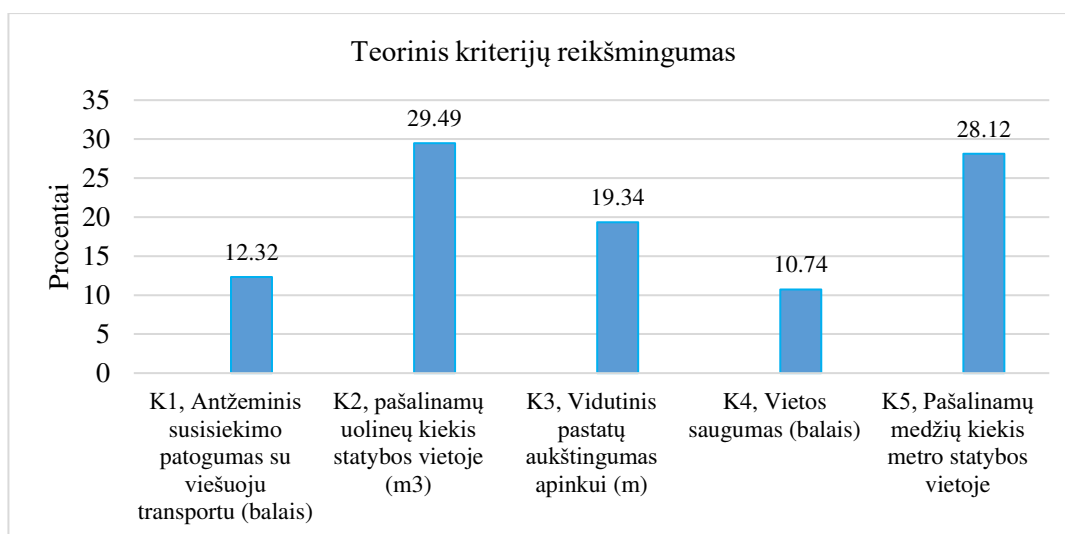
3.2. Metro stočių statybos vietos kriterijų reikšmingumas taikant entropijos metodą

Metro stočių statybos vietų apskaičiuoti ir išanalizuoti duomenys pateikti 17 lentelėje.

17 lentelė. Analizuojamų metro stočių statybos vietų apskaičiuoti ir išanalizuoti duomenys

Kriterijai	K ₁ , Antžeminis susisiekimo patogumas su viešuoju transportu (balais)	K ₂ , pašalinamų uolineų kiekis statybos vietoje (m ³)	K ₃ , Vidutinis pastatų aukštingumas apinkui (m)	K ₄ , Vietos saugumas (balais)	K ₅ , Pašalinamų medžių kiekis metro statybos vietoje
Alternatyvūs sprendimai					
HGS pietinė	3	72.82	33	5	0
HGS 1 alternatyva	2	0	27.67	5	2
HGS šiaurinė	3	0	38	5	0
HGS 2 alternatyva	4	2443.3	30.67	5	15
HGL pietinė	5	3876.57	0	4	8
HGL 1 alternatyva	4	575.78	0	3	6
HGL šiaurinė	2	1623.88	15.5	3	0
HGL 2 alternatyva	2	1840.9	14	3	0
ARS pietinė	5	1034.18	28	3	17
ARS 1 alternatyva	5	1848.51	40	2	6
ARS šiaurinė	5	6917.13	26.5	2	52

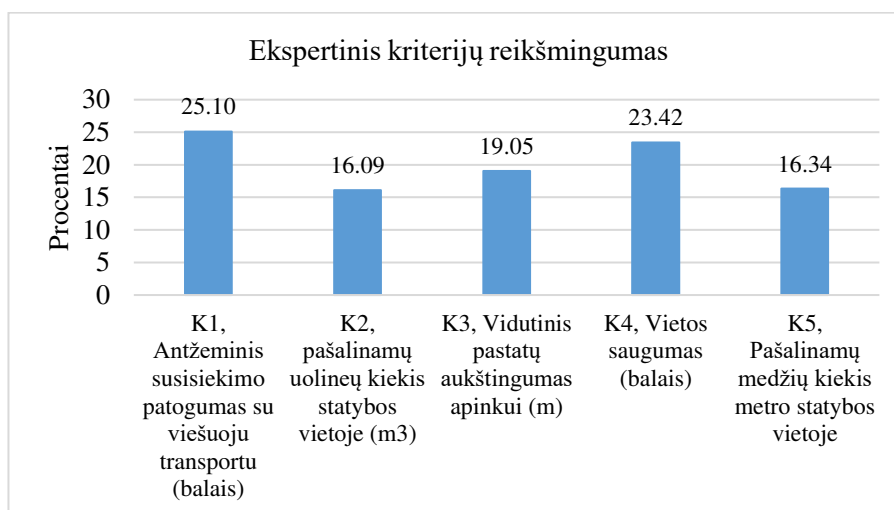
Kriterijai	K ₁ , Antžeminis susisiekimo patogumas su viešuoju transportu (balais)	K ₂ , pašalinamų uolinių kiekis statybos vietoje (m ³)	K ₃ , Vidutinis pastatų aukštingumas apinkui (m)	K ₄ , Vietos saugumas (balais)	K ₅ , Pašalinamų medžių kiekis metro statybos vietoje
Alternatyvūs sprendimai					
ARS 2 alternatyva	5	80.27	20	2	2
Suma	45.000	20313.34	273.34	42	108
Optimalumas	MAX	MIN	MIN	MAX	MIN



45 pav. Analizuojamų metro stočių statybos vietos kriterijų reikšmingumas taikant teorinį entropijos metodą

Apskaičiavus vertinimo kriterijų teorinį reikšmingumą, nustatyta, kad svarbiausias kriterijus – K₂ pašalinamų uolinių kiekis statybos vietoje (m³), kurio reikšmingumas 29,49 %. Antroje vietoje esantis kriterijus yra K₅ pašalinamų medžių kiekis metro statybos vietoje (vnt.), jo reikšmingumas 28,12 %. Likusieji kriterijai išsirikiavę tokia tvarka: K₃ vidutinis pastatų aukštingumas aplinkui (m) – reikšmingumas 19,34 %, K₁ antžeminis susisiekimo patogumas su viešuoju transportu (balais) – reikšmingumas 12,32 %, K₄ vietos saugumas (balais) – reikšmingumas 10,74 %. Gauta tokia prioritetų eilutė: K₂>K₅>K₃>K₁>K₄.

3.3. Geriausios metro statybos vietos nustatymas, taikant ekspertinį kriterijų reikšmingumo vertinimą



46 pav. Analizuojamų metro stočių statybos vietos kriterijų reikšmingumas taikant ekspertinį entropijos metodą

Apskaičiavus vertinimo kriterijų reikšmingumą, taikant ekspertinį porinio palyginimo metodą, nustatyta, kad svarbiausias kriterijus yra K1 – antžeminis susisiekimo patogumas su viešuoju transportu (balais), kurio reikšmingumas yra 25,10 %. Toliau kriterijai išvardinti mažėjimo tvarka pradedant nuo sekančio mažėjimo tvarka: K4 – vietos saugumas (balais) – 23,42 %, K3 – vidutinis pastatų aukštingumas (m) – 19,05 %, K5 – pašalinamų medžių kiekis metro statybos vietoje (vnt.) – 16,34 %, K2 – pašalinamų uolienų kiekis statybos vietoje (m³) – 16,09 %. Gauta tokia prioritetų eilutė: K1>K4>K3>K5>K2.

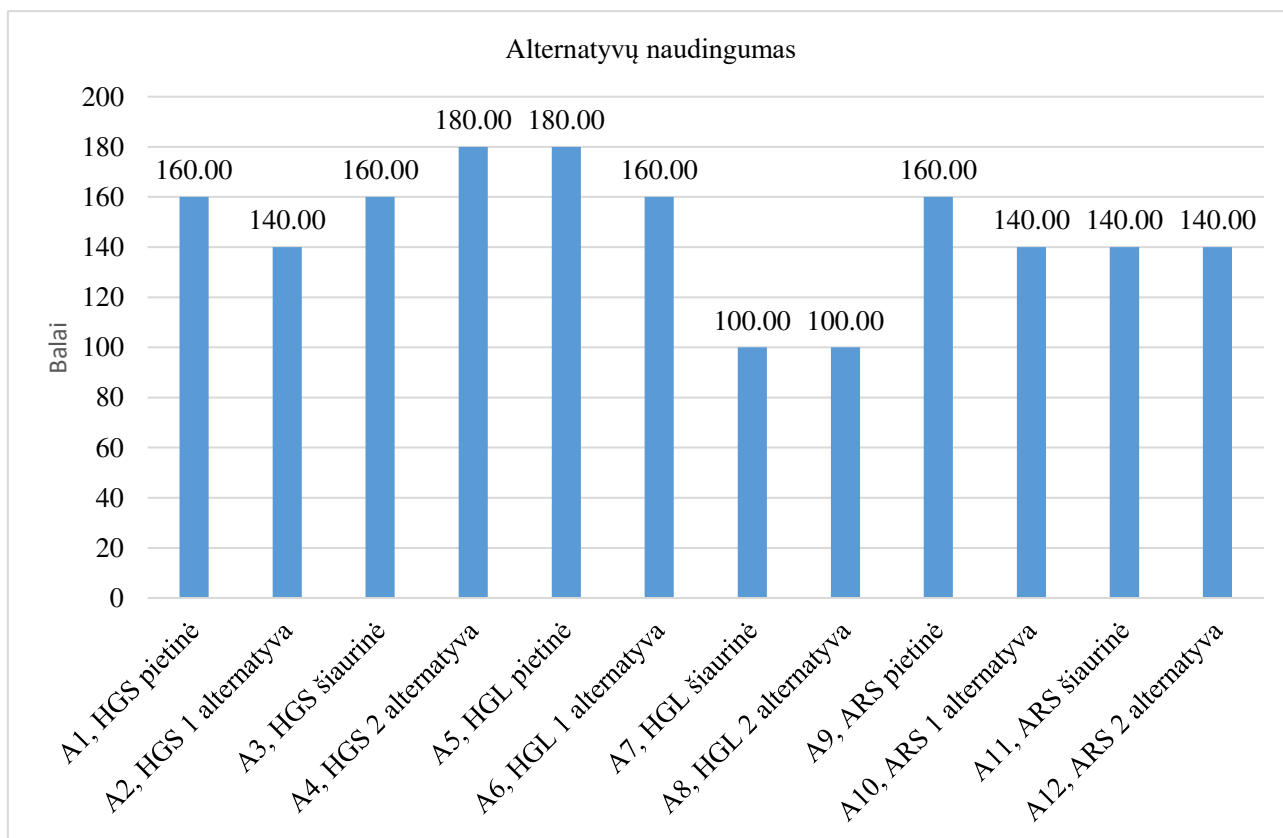
3.4. Metro stočių statybos vietos racionalaus sprendimo parinkimas taikant daugiakriterinį naudingos vertės metodą

Metro stočių statybos vietų apskaičiuoti ir išanalizuoti duomenys pateikti 18 lentelėje.

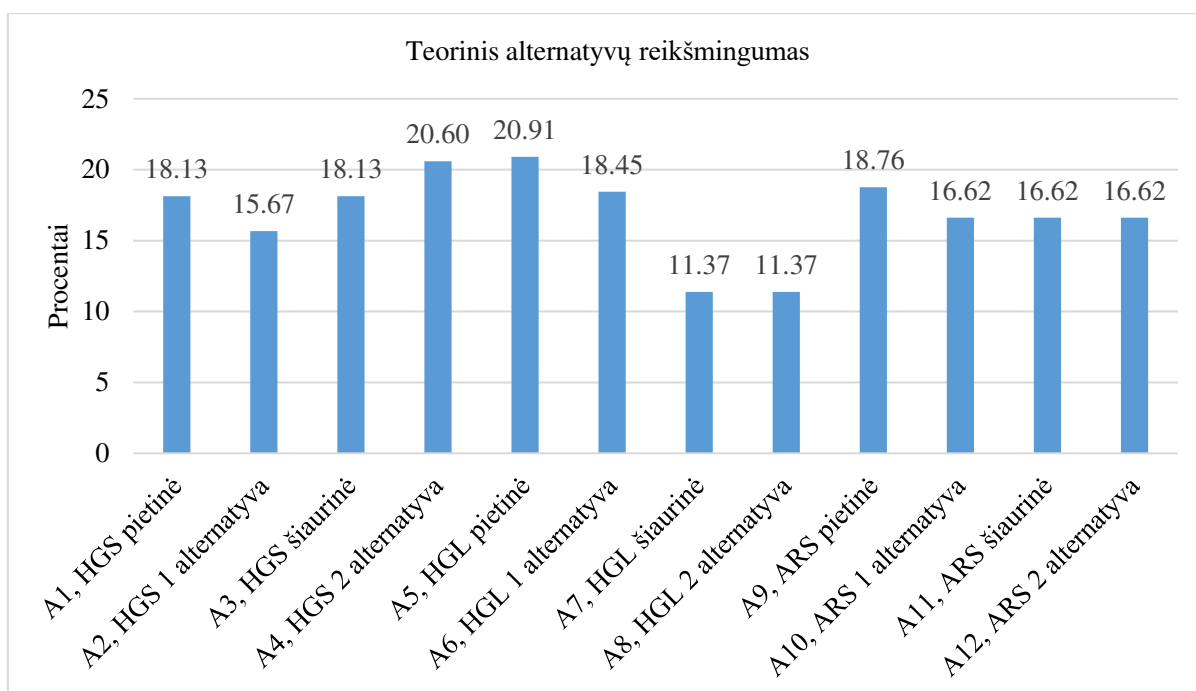
18. lentelė. Analizuojamų metro stočių bei jų alternatyvų duomenys

Kriterijai	K ₁ , Antžeminis susisiekimo patogumas su viešuoju transportu (balais)	K ₂ , pašalinamų uolienų kiekis statybos vietoje (m ³)	K ₃ , Vidutinis pastatų aukštingumas apinkui (m)	K ₄ , Vietos saugumas (balais)	K ₅ , Pašalinamų medžių kiekis metro statybos vietoje
Alternatyvūs sprendimai					
HGS pietinė	3	72.82	33	5	0
HGS 1 alternatyva	2	0	27.67	5	2
HGS šiaurinė	3	0	38	5	0
HGS 2 alternatyva	4	2443.3	30.67	5	15
HGL pietinė	5	3876.57	0	4	8
HGL 1 alternatyva	4	575.78	0	3	6

Kriterijai	K ₁ , Antžeminis susisiekimo patogumas su viešuoju transportu (balais)	K ₂ , pašalinamų uolinių kiekis statybos vietoje (m ³)	K ₃ , Vidutinis pastatų aukštingumas apinkui (m)	K ₄ , Vietos saugumas (balais)	K ₅ , Pašalinamų medžių kiekis metro statybos vietoje
Alternatyvūs sprendimai					
HGL šiaurinė	2	1623.88	15.5	3	0
HGL 2 alternatyva	2	1840.9	14	3	0
ARS pietinė	5	1034.18	28	3	17
ARS 1 alternatyva	5	1848.51	40	2	6
ARS šiaurinė	5	6917.13	26.5	2	52
ARS 2 alternatyva	5	80.27	20	2	2
Suma	45.000	20313.34	273.34	42	108
Optimalumas	MAX	MIN	MIN	MAX	MIN
Geriausia reikšmė	5	0	0	5	0



47 pav. Analizuojamų metro stočių vietų naudingumas, kai neįvertintas kriterijų reikšmingumas



48 pav. Analizuojamų metro stočių vietų naudingumas, įvertinus teorinį kriterijų reikšmingumą

Apskaičiavus analizuojamų metro stočių vietų teorinį reikšmingumą, nustatyta, kad geriausia alternatyva yra HGL pietinė stotis, kurios reikšmingumas yra 20,91 %, sekanti stotis yra HGS 2 alternatyva, kurios reikšmingumas – 20,60 %. Toliau metro stočių reikšmingumas išsidėstęs tokia tvarka: ARS pietinė stotis – 18,76 %, HGL 1 alternatyva – 18,45 %, HGS pietinė ir HGS 2 alternatyvų reikšmingumas po – 18,13 %, ARS 1 alternatyva kartu su ARS šiaurine ir ARS 2 alternatyva – 16,62 %, HGS 1 alternatyvos reikšmingumas – 15,67 %, HGL šiaurinės ir HGL 2 alternatyvos reikšmingumas – 11,37 %. Gauta tokia metro stočių reikšmingumo išsidėstymo eilutė: A5>A4>A9>A6>A1=A4>A10=A11=A12>A2>A7=A8

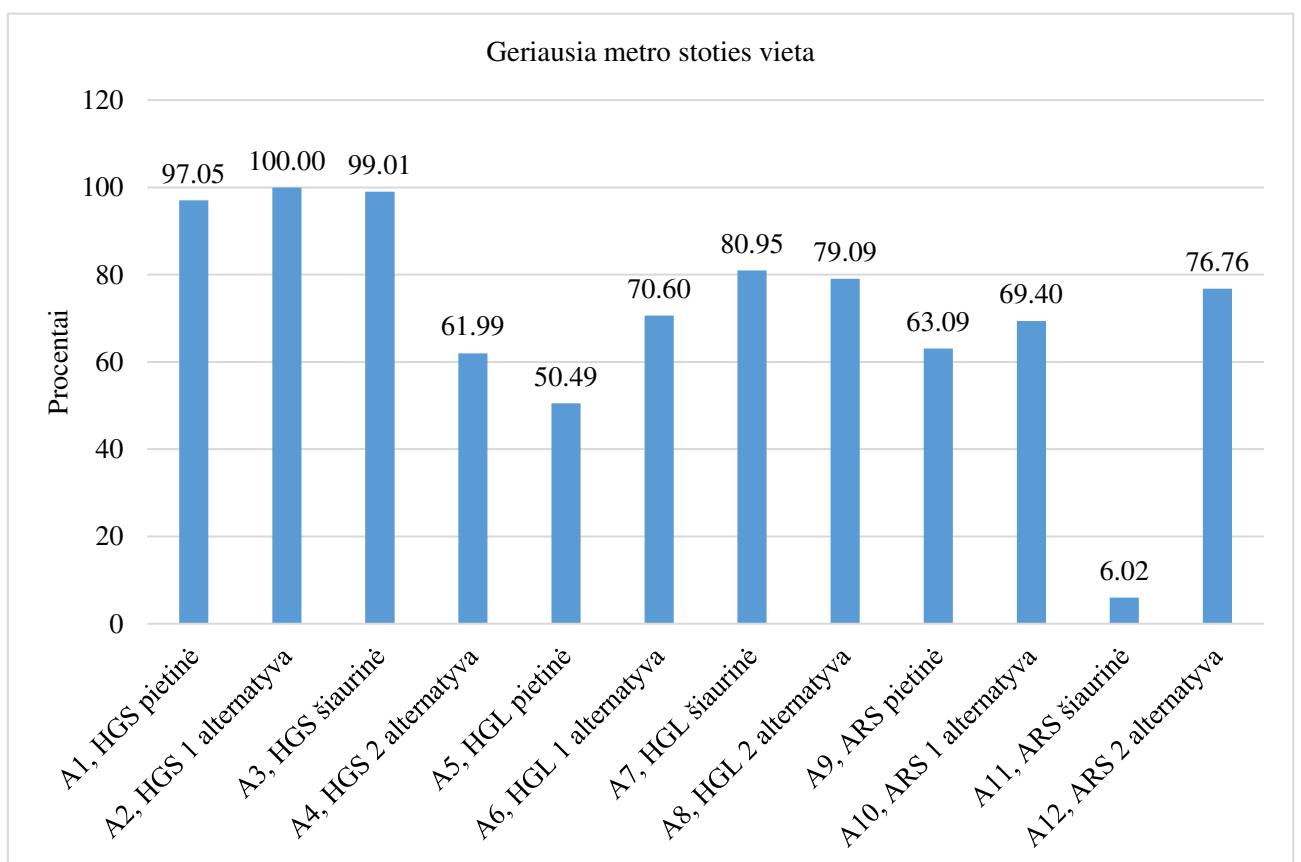
3.5. Geriausios metro statybos vietos nustatymas, taikant artumo idealiam taškui metodą naudojant ekspertinį kriterijų reikšmingumo vertinimą

Metro stočių statybos vietų apskaičiuoti ir išanalizuoti duomenys pateikti 19 lentelėje.

19. lentelė. Analizuojamų metro stočių bei jų alternatyvų duomenys kartu su ekspertiniu kriterijų reikšmingumo vertinimu

Kriterijai	K ₁ , Antžeminis susisiekimo patogumas su viešuoju transportu (balais)	K ₂ , pašalinamų uolineų kiekis statybos vietoje (m ³)	K ₃ , Vidutinis pastatų aukštingumas apinkui (m)	K ₄ , Vietos saugumas (balais)	K ₅ , Pašalinamų medžių kiekis metro statybos vietoje
Alternatyvūs sprendimai					
HGS pietinė	3	72.82	33	5	0
HGS 1 alternatyva	2	0	27.67	5	2
HGS šiaurinė	3	0	38	5	0
HGS 2 alternatyva	4	2443.3	30.67	5	15

Kriterijai	K₁, Antžeminis susisiekimo patogumas su viešuoju transportu (balais)	K₂, pašalinamų uolinių kiekis statybos vietoje (m³)	K₃, Vidutinis pastatų aukštumas apinkui (m)	K₄, Vietos saugumas (balais)	K₅, Pašalinamų medžių kiekis metro statybos vietoje
Alternatyvūs sprendimai					
HGL pietinė	5	3876.57	0	4	8
HGL 1 alternatyva	4	575.78	0	3	6
HGL šiaurinė	2	1623.88	15.5	3	0
HGL 2 alternatyva	2	1840.9	14	3	0
ARS pietinė	5	1034.18	28	3	17
ARS 1 alternatyva	5	1848.51	40	2	6
ARS šiaurinė	5	6917.13	26.5	2	52
ARS 2 alternatyva	5	80.27	20	2	2
Suma	45.000	20313.34	273.34	42	108
Optimalumas	MAX	MIN	MIN	MAX	MIN
Ekspertinis kriterijų reikšmingumas	25,10	16,09	19,05	23,42	16,34



49 pav. Geriausios metro statybos vietos nustatymas, taikant artumo idealiam taškui metodą naudojant ekspertinį kriterijų reikšmingumo vertinimą

Pasitelkus artumo idealiui taškui metodą ir pasirinkus ekspertinį kriterijų reikšmingumą buvo atlikti skaičiavimai siekiant išsiaiškinti, kuri iš 12 metro stočių statybos vietų pasitelkiant GIS duomenis yra geriausia remiantis 5 vertinimo kriterijais (antžeminis susisiekimas (balais), pašalinamu medžių kiekis (vnt.), vidutinis pastatų aukštingumas (m), vietos saugumas (balais) ir pašalinamu medžių kiekis statybos vietoje (vnt.)). Apskaičiavus naudingumo laipsnį procentais buvo nustatyta, kad Hagastaden 1 alternatyvos statybos vietos pasiūlymas yra naudingiausias ir geriausias.

Išvados

1. Apskaičiavus vertinimo kriterijų teorinį reikšmingumą, nustatyta, kad svarbiausias kriterijus – K2 pašalinamų uolienuų kiekis statybos vietoje (m³), kurio reikšmingumas 29,49 %. Antroje vietoje esantis kriterijus yra K5 pašalinamų medžių kiekis metro statybos vietoje (vnt.), jo reikšmingumas 28,12 %. Likusieji kriterijai išsirikiavę tokia tvarka: K3 vidutinis pastatų aukštingumas aplinkui (m) – reikšmingumas 19,34 %, K1 antžeminis susisiekimo patogumas su viešuoju transportu (balais) – reikšmingumas 12,32 %, K4 vietos saugumas (balais) – reikšmingumas 10,74 %. Gauta tokia prioritetų eilutė: K2>K5>K3>K1>K4.
2. Apskaičiavus vertinimo kriterijų reikšmingumą, taikant ekspertinį porinio palyginimo metodą, nustatyta, kad svarbiausias kriterijus yra K1 – antžeminis susisiekimo patogumas su viešuoju transportu (balais), kurio reikšmingumas yra 25,10 %. Toliau kriterijai išvardinti mažėjimo tvarka pradedant nuo sekančio mažėjimo tvarka: K4 – vietos saugumas (balais) – 23,42 %, K3 – vidutinis pastatų aukštingumas (m) – 19,05 %, K5 – pašalinamų medžių kiekis metro statybos vietoje (vnt.) – 16,34 %, K2 – pašalinamų uolienuų kiekis statybos vietoje (m³) – 16,09 %. Gauta tokia prioritetų eilutė: K1>K4>K3>K5>K2.
3. Apskaičiavus analizuojamų metro stočių vietų teorinį reikšmingumą, nustatyta, kad geriausia alternatyva yra HGL pietinė stotis, kurios reikšmingumas yra 20,91 %, sekanti stotis yra HGS 2 alternatyva, kurios reikšmingumas – 20,60 %. Toliau metro stočių reikšmingumas išsidėstęs tokia tvarka: ARS pietinė stotis – 18,76 %, HGL 1 alternatyva – 18,45 %, HGS pietinė ir HGS 2 alternatyvų reikšmingumas po – 18,13 %, ARS 1 alternatyva kartu su ARS šiaurine ir ARS 2 alternatyva – 16,62 %, HGS 1 alternatyvos reikšmingumas – 15,67 %, HGL šiaurinės ir HGL 2 alternatyvos reikšmingumas – 11,37 %. Gauta tokia metro stočių reikšmingumo išsidėstymo eilutė: A5>A4>A9>A6>A1=A4>A10=A11=A12>A2>A7=A8
4. Pasitelkus artumo idealiam taškui metodą ir pasirinkus ekspertinį kriterijų reikšmingumą buvo atlikti skaičiavimai siekiant išsiaiškinti, kuri iš 12 metro stočių statybos vietų pasitelkiant GIS duomenis yra geriausia remiantis 5 vertinimo kriterijais (antžeminis susisiekimas (balais), pašalinamu medžių kiekis (vnt.), vidutinis pastatų aukštingumas (m), vietos saugumas (balais) ir pašalinamu medžių kiekis statybos vietoje (vnt.)). Apskaičiavus naudingumo laipsnį procentais buvo nustatyta, kad Hagastaden 1 alternatyvos statybos vietos pasiūlymas yra naudingiausias ir geriausias.

Literatūros sąrašas

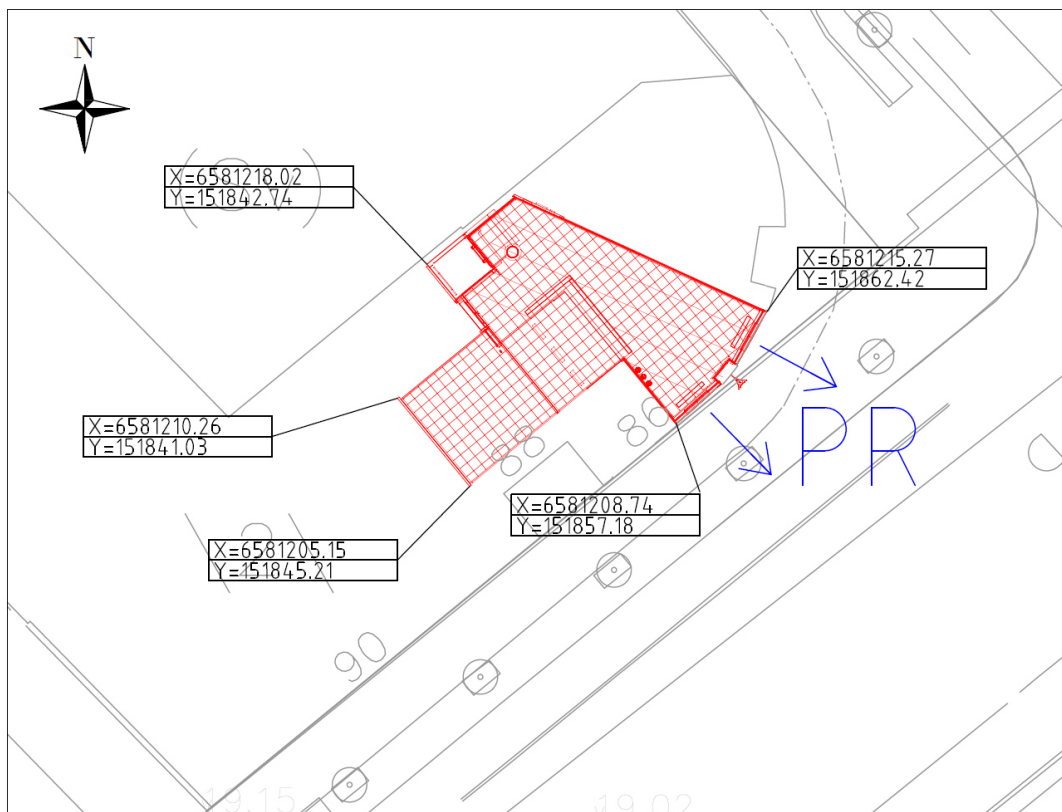
1. MAGUIRE, Brad, Andrew MILLER, dr. Gennady GIENKO. Geografinių informacinių sistemų pagrindai. Vilnius: Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos, 2007.
2. MOZGERIS, Gintautas, Antanas DUMBRAUSKAS. Geoinformacinių sistemų pagrindai. Kaunas: Ardiva, 2008. ISBN 978-9955-896-42-5.
3. BROWN, Clint, Christian HARDER. The Arcgis Imagery book. California: Redlands, 2016. ISBN 978-1-58948-462-7.
4. GEOSPATIAL WORLD: An Overview of GIS History [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2020-04-04]. Prieiga per: <https://www.geospatialworld.net/blogs/overview-of-gis-history/>
5. GISgeography: What is Geographic Information Systems (GIS)?. 2014 [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-04-04]. Prieiga per: <https://gisgeography.com/what-gis-geographic-information-systems/>
6. GOODCHILD, Michael F. Reimaging the history of GIS, Annals of GIS. California: 2018. ISSN 1947-5683.
7. ESRI: History of GIS. [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-04-04]. Prieiga per: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis>
8. WALTERS, Nigel. GIS:History. 2017.
9. GIS LOUNGE: Explore John Snow's Cholera Maps using GIS Data [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2020-04-05]. Prieiga per: <https://www.gislounge.com/john-snows-cholera-map-gis-data/>
10. BANSAL V. K. Application Areas of GIS in Construction Projects and Future Research Directions. 2014. ISSN 1562-3599.
11. PATEL, Tirth. Application of GIS in Construction Management. 2017.
12. KUMAR A. Chaitanya, T. RESHMA. 4D Applications of GIS in Construction Management. 2017.
13. PALVE, Sandip. Applications of GIS Infrastructure Project Management. 2013. ISSN 2319-6009.
14. ZHOU, Wei, Jennifer WHYTE, Rafael SACKS. Construction safety and digital design: A review. 2011.
15. LYU Hai-Min, Wen-Juan SUN, Shui-Long SHEN, Arul ARULRAJAH. Flood risk assessment in metro systems of mega – cities using a GIS – based modeling approach. 2018. ISSN 0048-9697.
16. KUMAR, Satish, V.K. BANSAL. A GIS-based methodology for safe site selection of a building in a hilly region. 2016. ISSN 2095-2635.
17. PINGEL, Thomas James. The Raster Data Model. 2018.
18. BALASUBRAMANIAN, A. Four data models in GIS. 2016.
19. LONGLEY, Paul A., Michael F. GOODCHILD, David J. MAGUIRE, David W. RHIND. Geographic Information Systems and Science. 2005.
20. ARCGIS FOR DESKTOP: An overview of COGO [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-06-02]. Prieiga per: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/creating-new-features/an-overview-of-cogo.htm>

21. OMAR, Tarek, moncef L. NEHDI. Data acquisition technologies for construction progress tracking. 2016. ISSN 0926-5805.
22. ISLAM SAIFUL, Muhammad. Application of GIS and GPS for Facilitating the Management in Construction Industry. 2013.
23. DAI, Fei, Youyi FENG. Photogrammetric error sources and impacts on modeling and surveying in construction engineering applications. 2014.
24. GOVOROV, Michael. Geodezija ir kartografija geografinės informacijos infrastruktūros poreikiams. 2008.
25. GIS LOUNGE: GIS Data: A Look at Accuracy, Precision, and Types of Errors [interaktyvus]. 2011 [žiūrėta 2020-09-22]. Prieiga per : <https://www.gislounge.com/gis-data-a-look-at-accuracy-precision-and-types-of-errors/>
26. GIS LOUNGE: Spatial Data Quality: An Introduction [interaktyvus]. 2008 [žiūrėta 2020-09-22]. Prieiga per: <https://www.gislounge.com/spatial-data-quality-an-introduction/>
27. ESRI: GIS data – what is positional accuracy and why is it so important? [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2020-09-24]. Prieiga per: <https://resources.esri.ca/news-and-updates/gis-data-what-is-positional-accuracy-and-why-is-it-so-important>
28. SALISU KHALIL, Muhammad. Vector data model in gis and how it underpins a range of widely used spatial analysis techniques. 2015.
29. LIU, Haijian, Changshan WU. Developing a Scene-Based Triangulated Irregular Network (TIN) Technique for Individual Tree Crown Reconstruction with LiDAR Data 2019.
30. ASSI, Ali. Light Detection And Ranging 2016.
31. EL-ASHMAWY, N., A. SHARKER. Raster vs point cloud lidar data classification. Istanbul: 2014.
32. REGION STOCKHOLM: The new Metro [interkatyvus]. Žiūrėta 2020-09-22]. Prieiga per: <https://nyatunnelbanan.sll.se/en/new-metro>
33. POZDYSHEVA, O. N., V. V. TALDYKINA. Geodesy and modern technologies 2020.
34. LI, Lin, Wei HU, Haihong ZHU, You LI, Hang ZHANG. Tiled vector data model for the geographical features of symbolized maps 2017.
35. KUMAR, Kavisha, Hugo LEDOUX, Jantien STOTER. Compactly representing massive terrain models as TINs in CityGML 2018. ISSN 1152-1178.
36. GIS LOUNGE: Manuel S. Pascual. GIS Data: A Look at Accuracy, Precision, and Types of Erros [interaktyvus]. 2011 [žiūrėta 2020-11-07]. Prieiga per: <https://www.gislounge.com/gis-data-a-look-at-accuracy-precision-and-types-of-errors/>
37. YALCIN, Guler, Osman SELCUK. 3D city modelling with Oblique Photogrammetry Method. 2014. ISSN 2212-0173.
38. CRAWFORD, Clayton. 5 Ways to Use Lidar More efficiently. 2013.
39. GOVOROV, Michael, Linas BEVAINIS, Andrius BALČIŪNAS. Remote sensing and gis for cadastral surveying. Vilnius: 2016. ISBN 978-609-459-727-5
40. GEOSPATIAL WORLD: Open soruce, enterprise GIS solutions for GIS-CAD integration in land surveying. Shahid Raza, Cameron Gartner, Nigel Walters [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2020-11-07]. Prieiga per: <https://www.geospatialworld.net/article/enterprise-gis-for-land-surveying/>

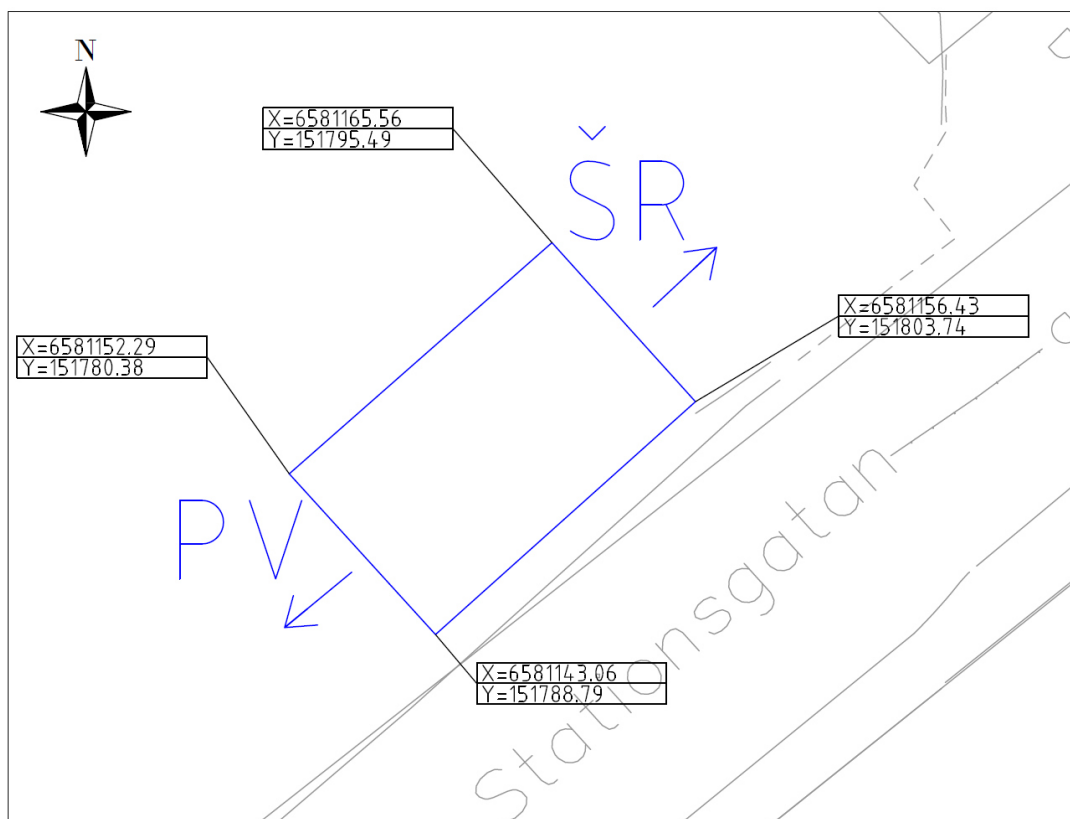
41. KLEOMENIS, Kalogeropoulos, Stathopoulos NIKOLAOS ir kt. A survey of the Geoinformatics use for census purposes and the inspire maturity within Statistical Institutes of EU and EFTA countries. 2019. ISSN 1947-5683.

Priedai

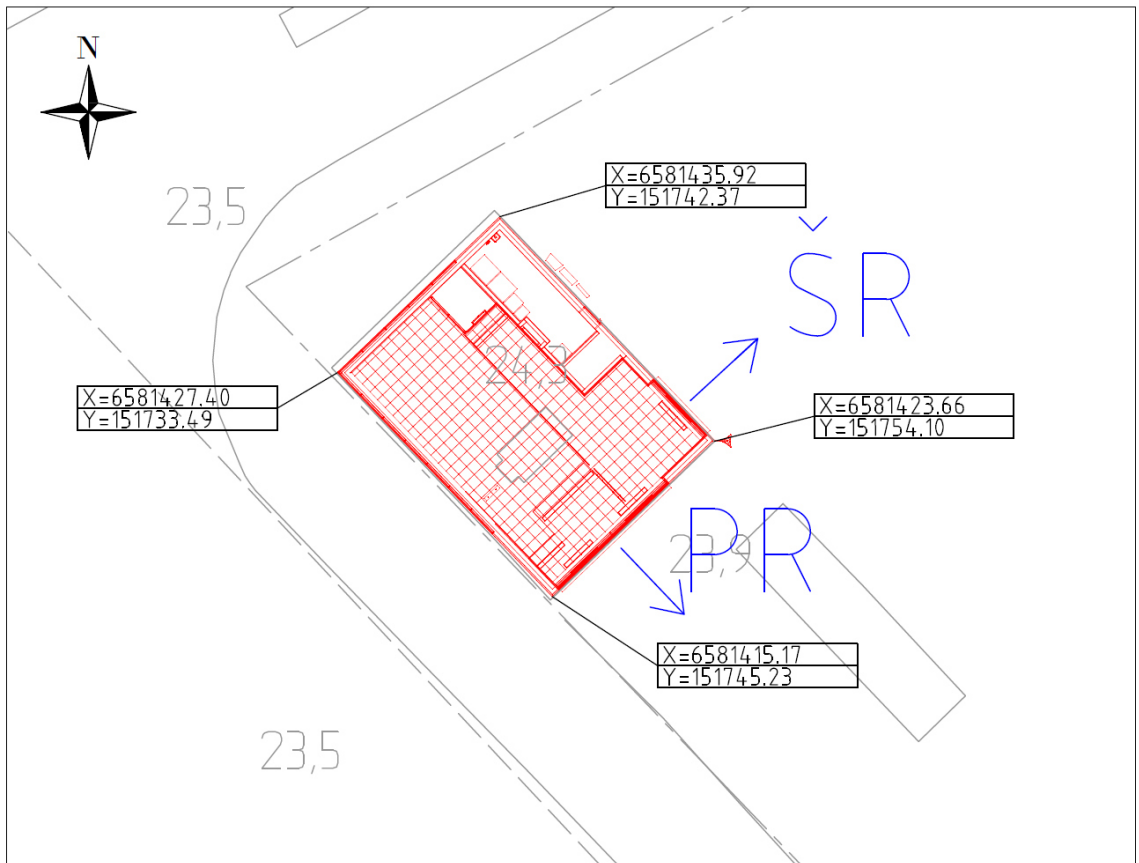
1 priedas. Analizuojamų metro stočių planai



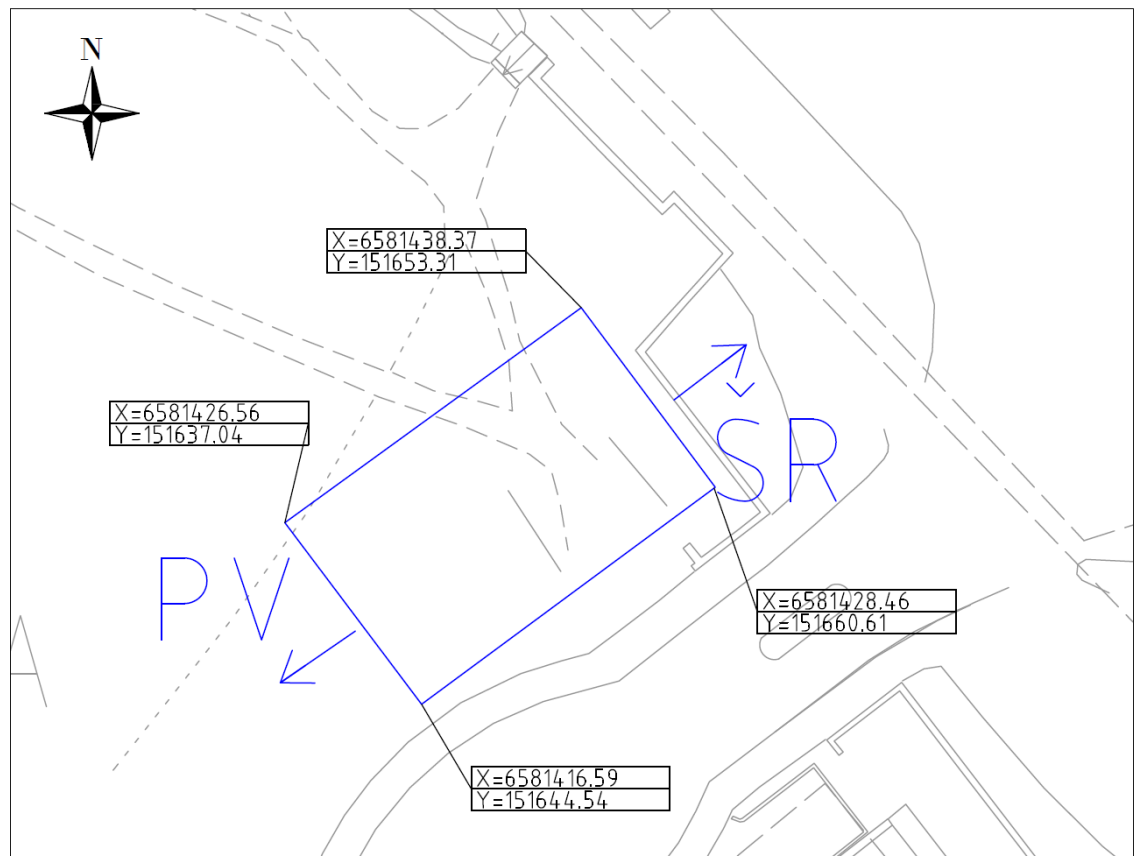
HGS pietinė stotis



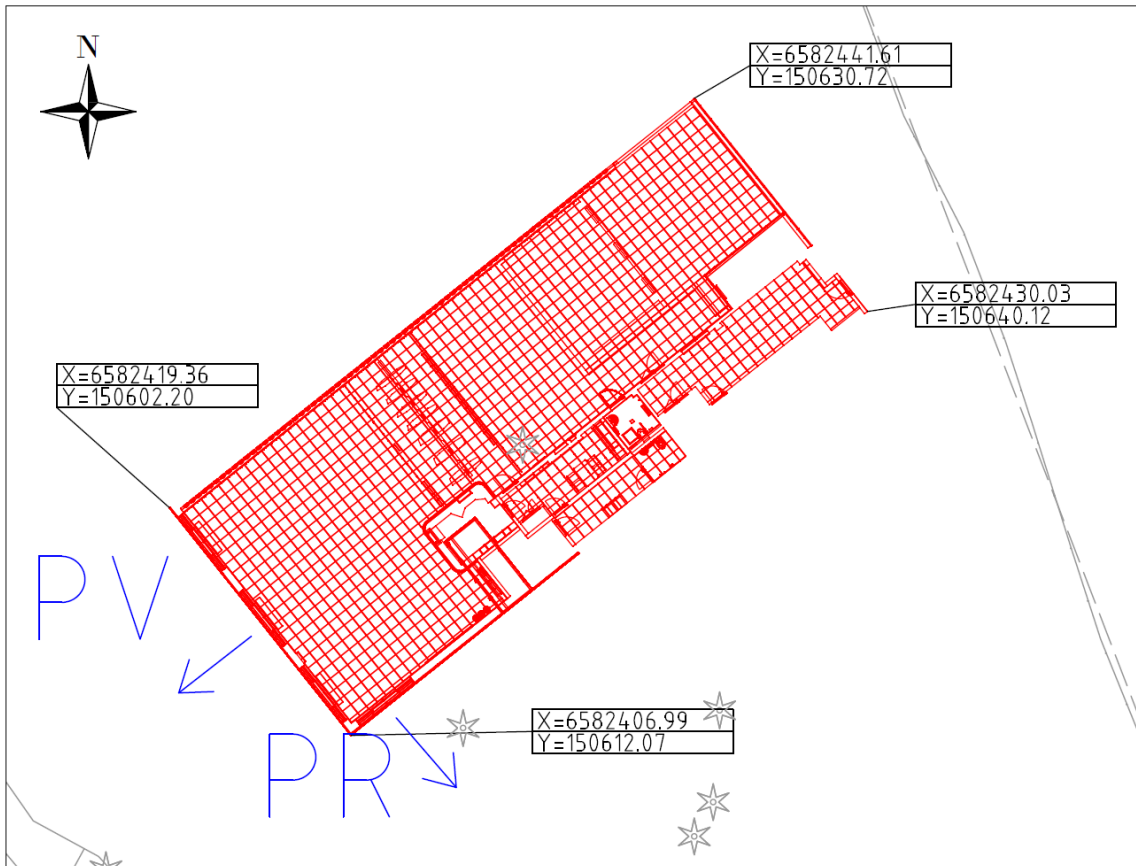
HGS 1 alternatyva



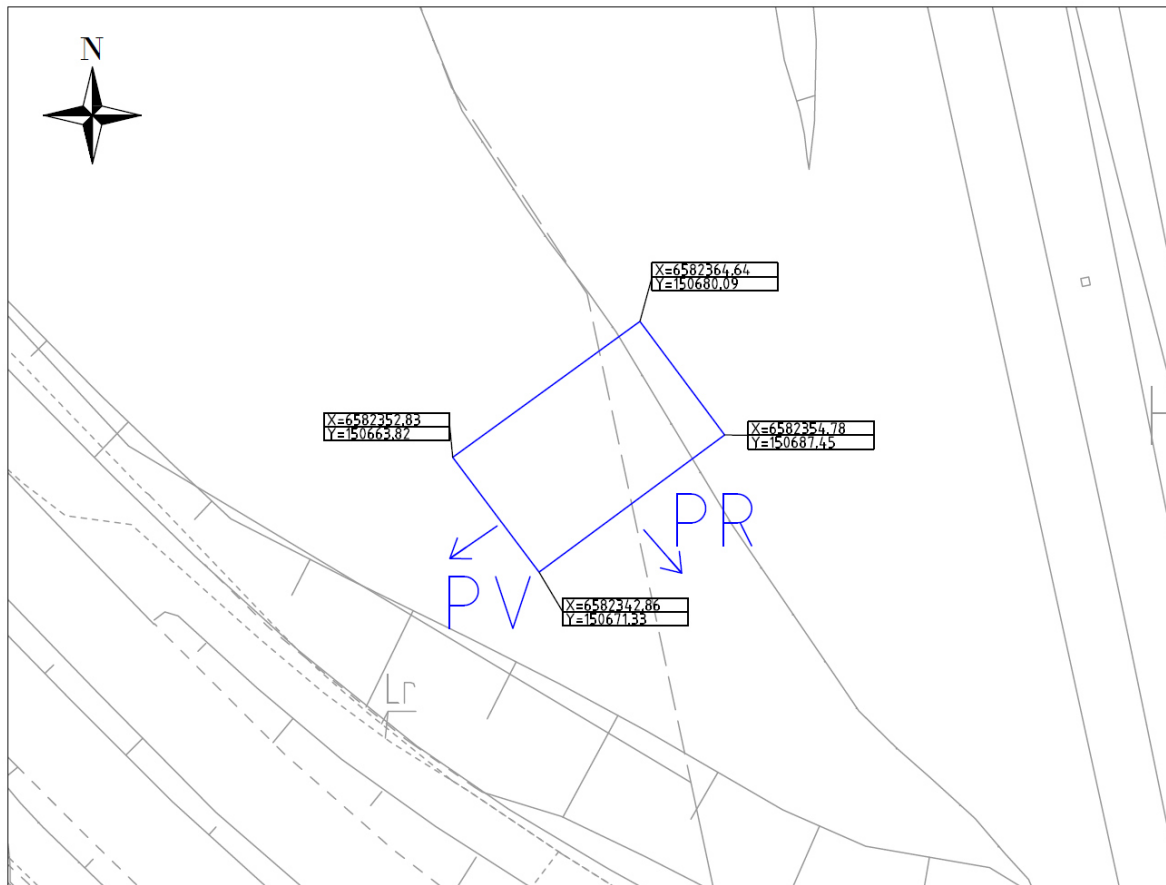
HGS šiaurinė stotis



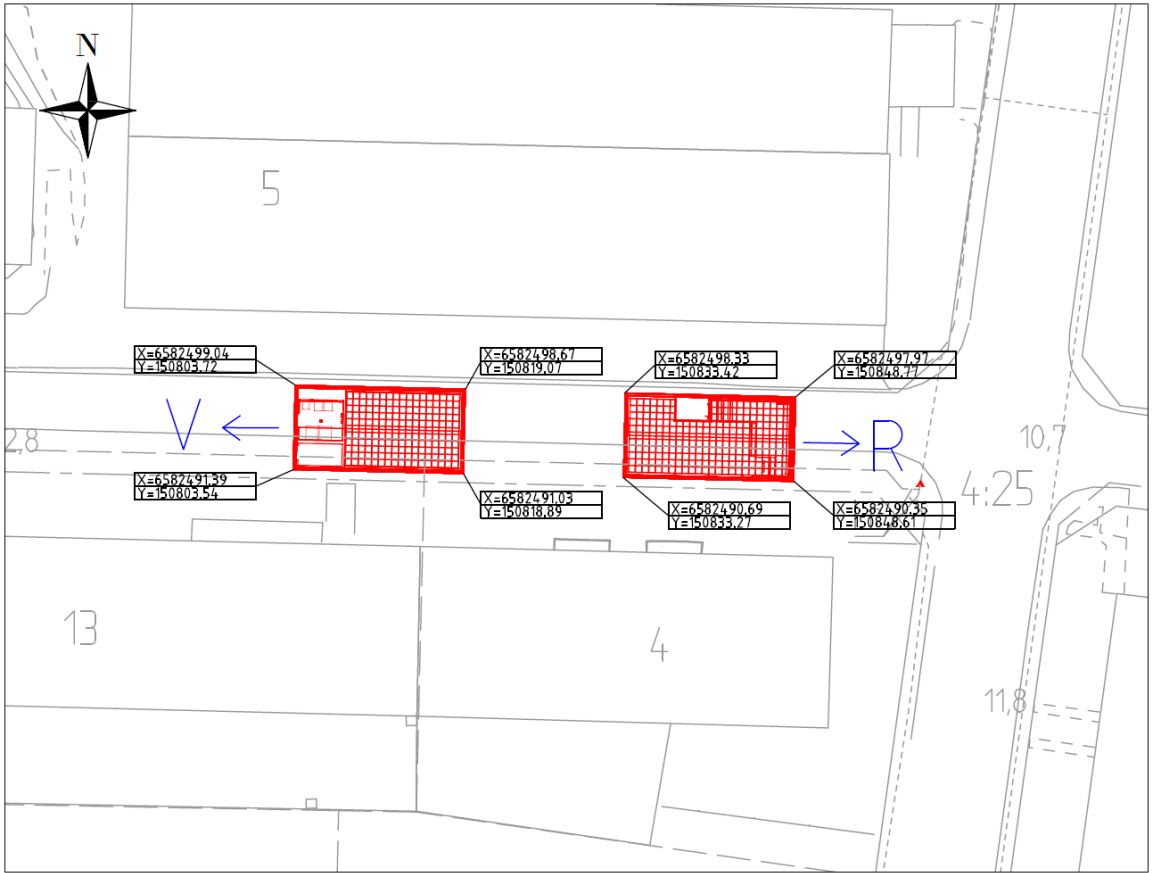
HGS 2 alternatyva



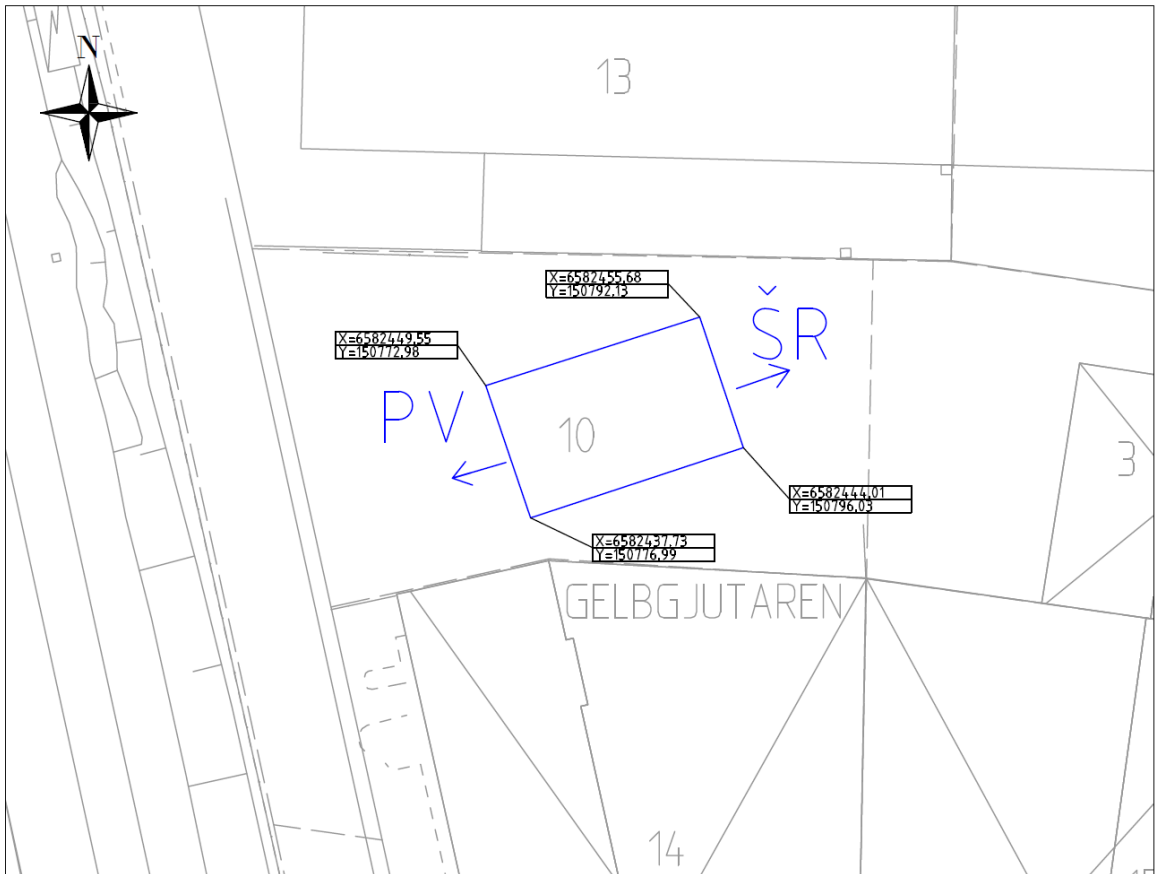
HGL pietinė stotis



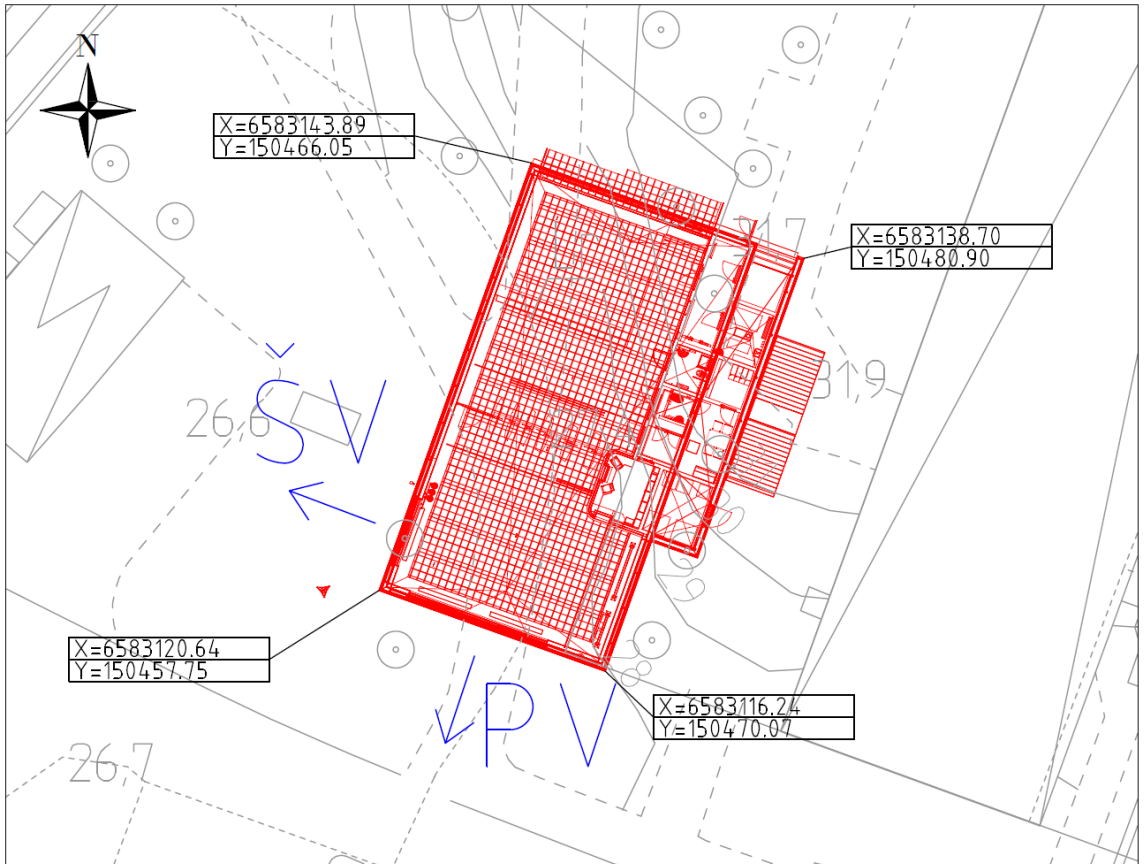
HGL 1 alternatyva



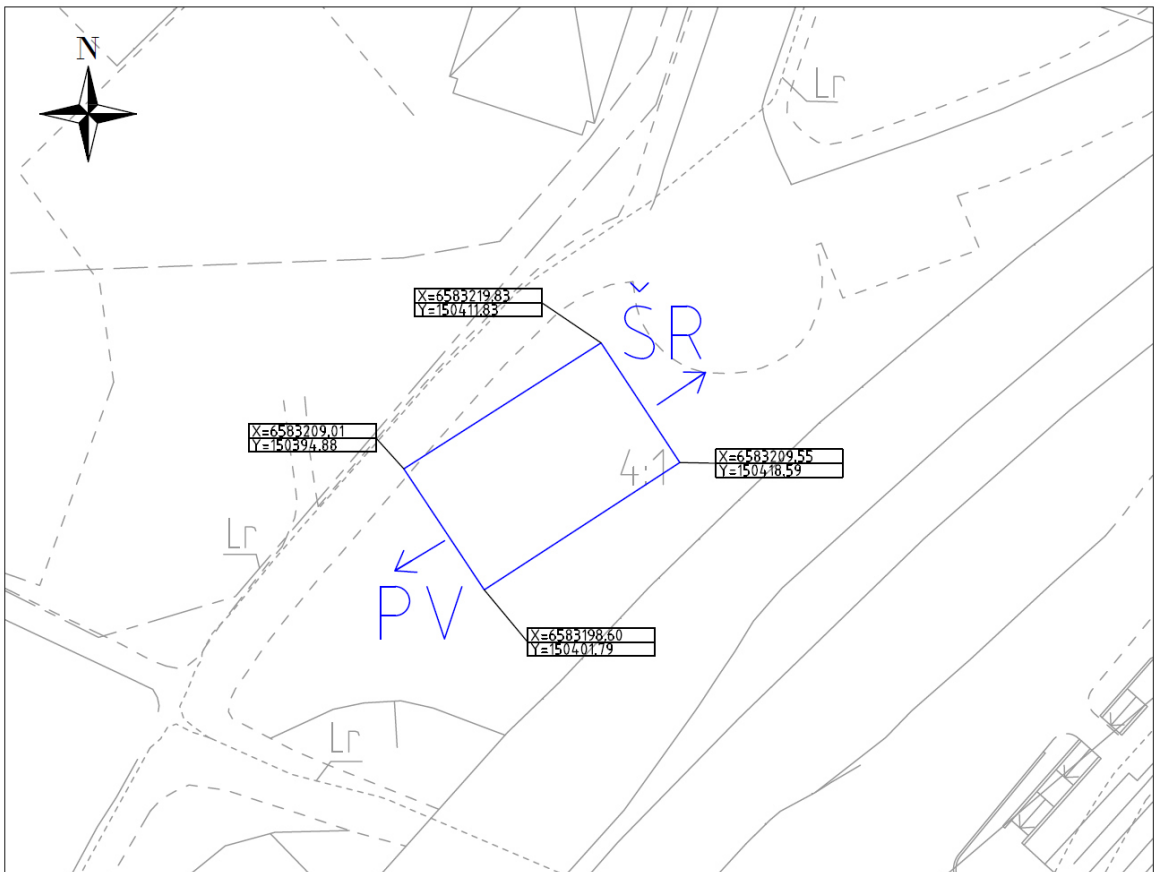
HGL šiaurinė stotis



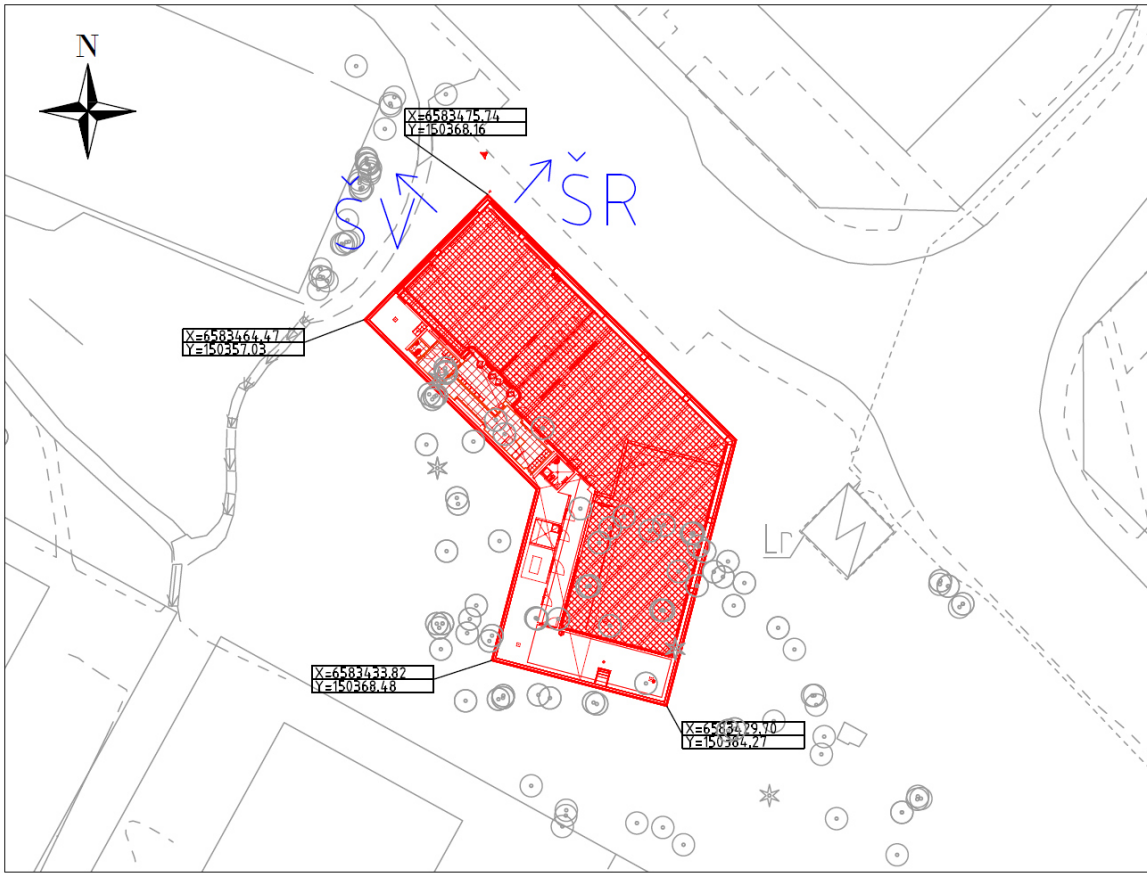
HGL 2 alternatyva



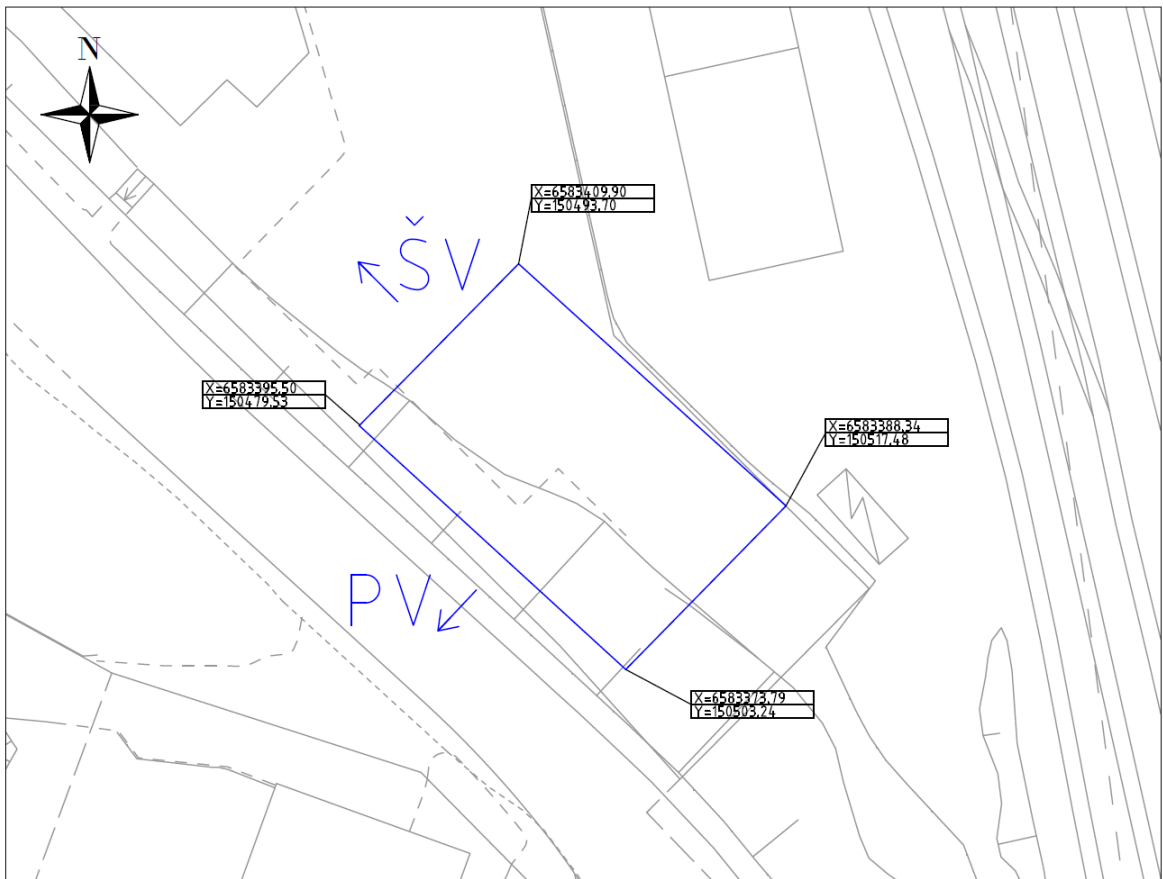
ARS pietinė stotis



ARS 1 alternatyva

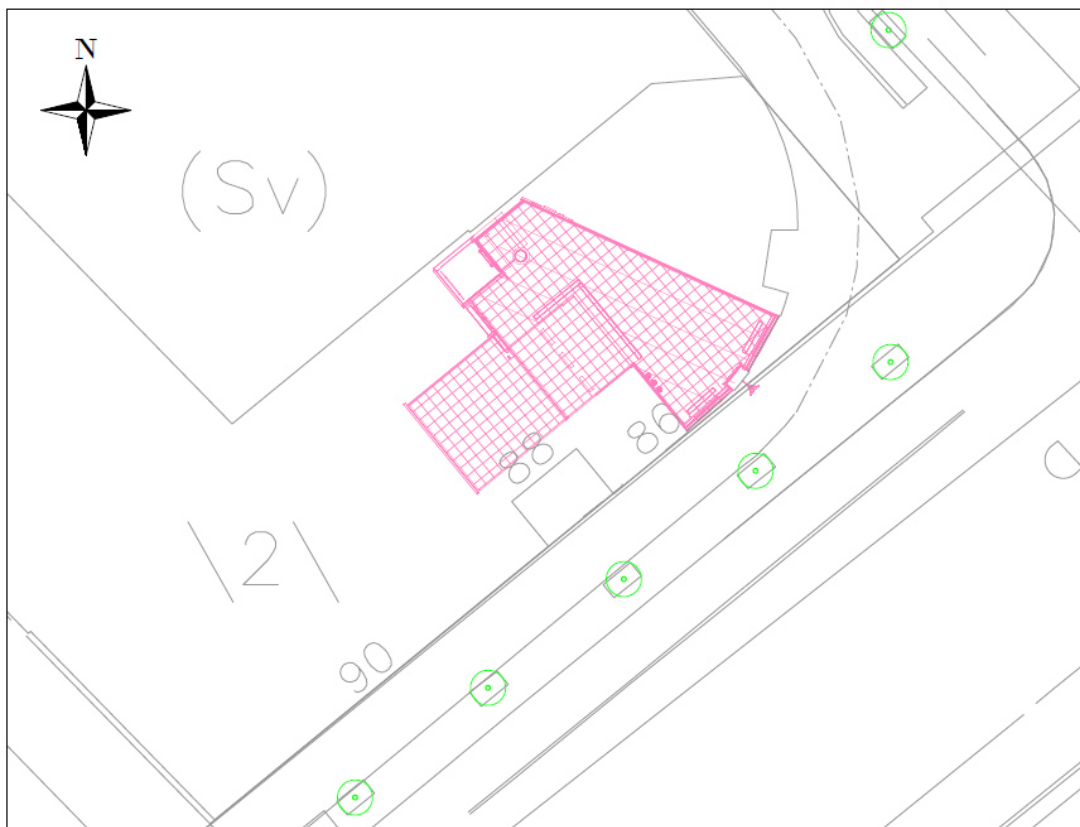


ARS šiaurinė stotis

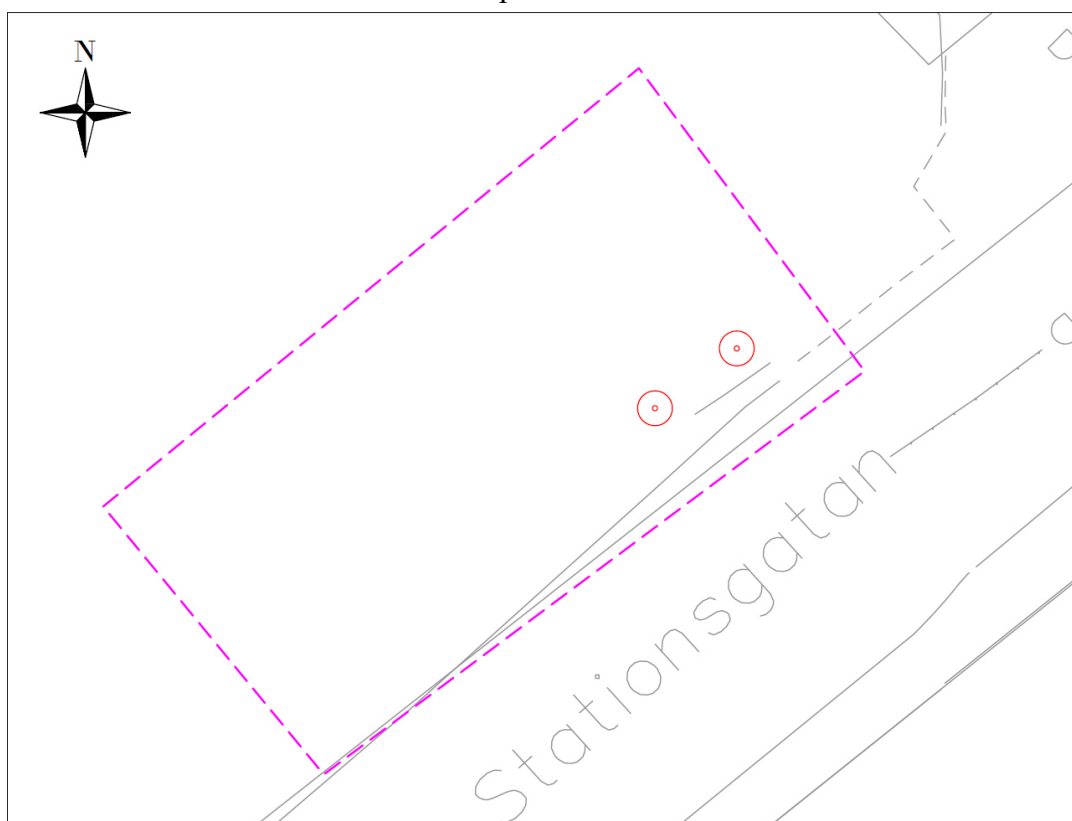


ARS 2 alternatyva

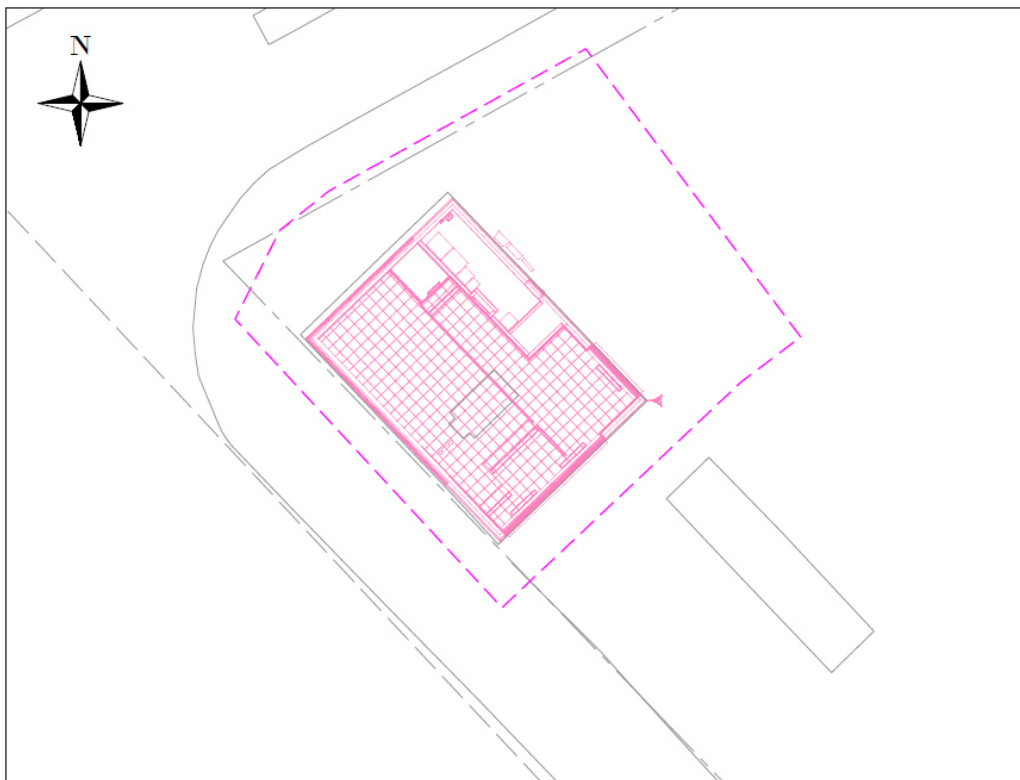
2 priedas. Pašalinamų medžių kiekiai plane, metro stočių statybos vietose



HGS pietinė stotis



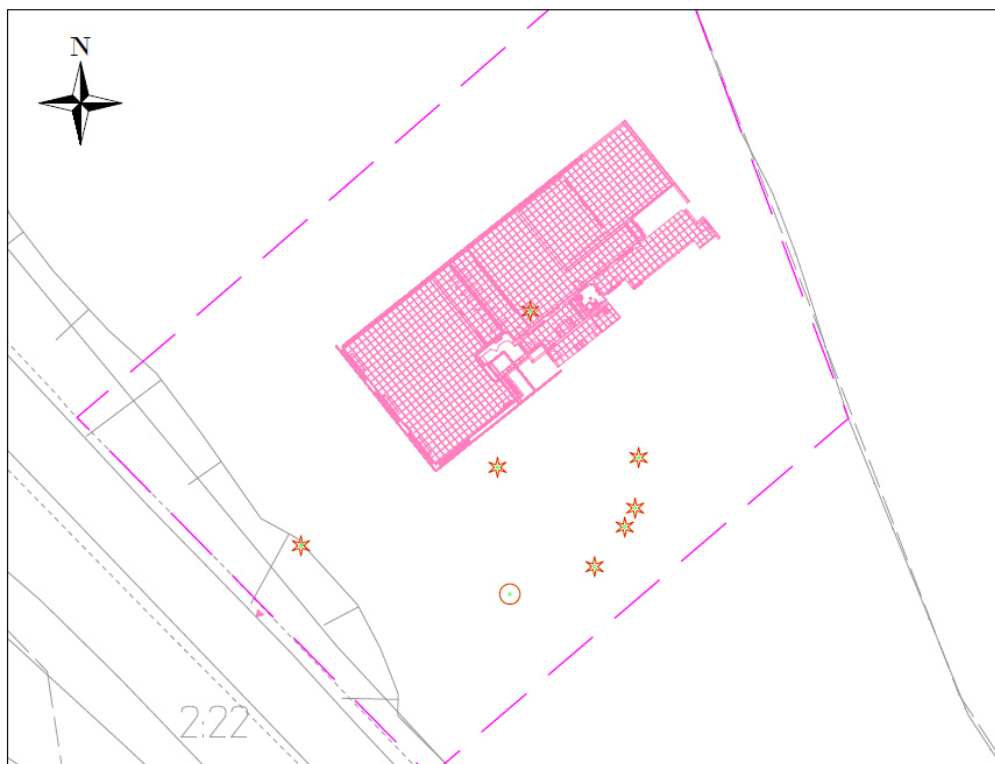
HGS 1 alternatyva



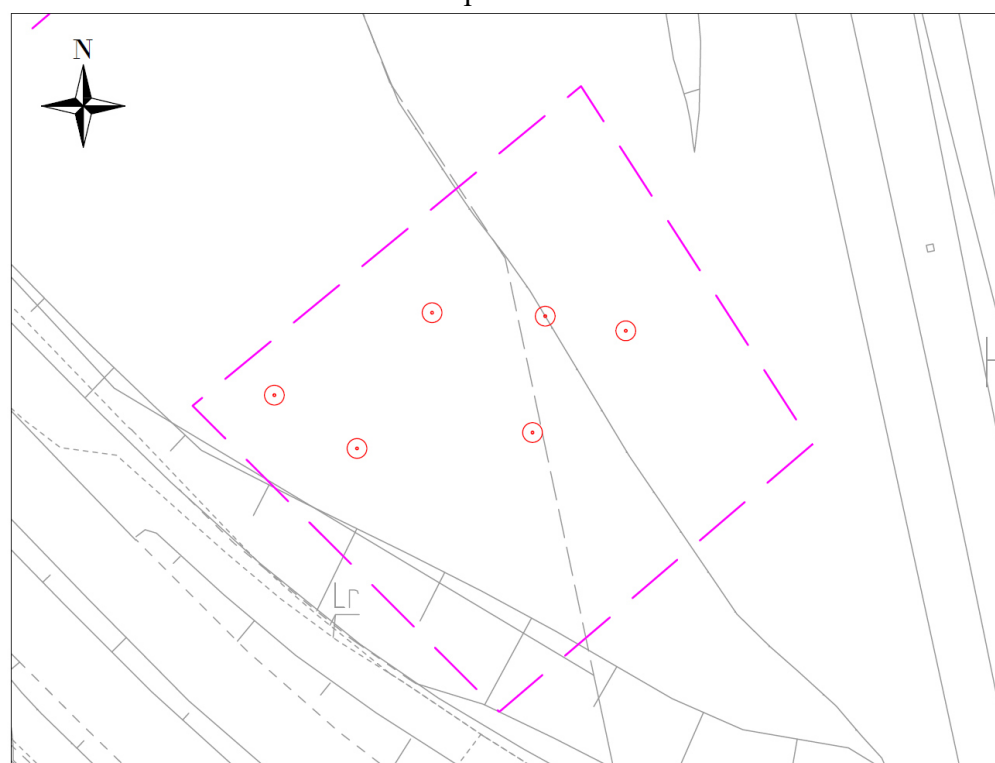
HGS šiaurinė stotis



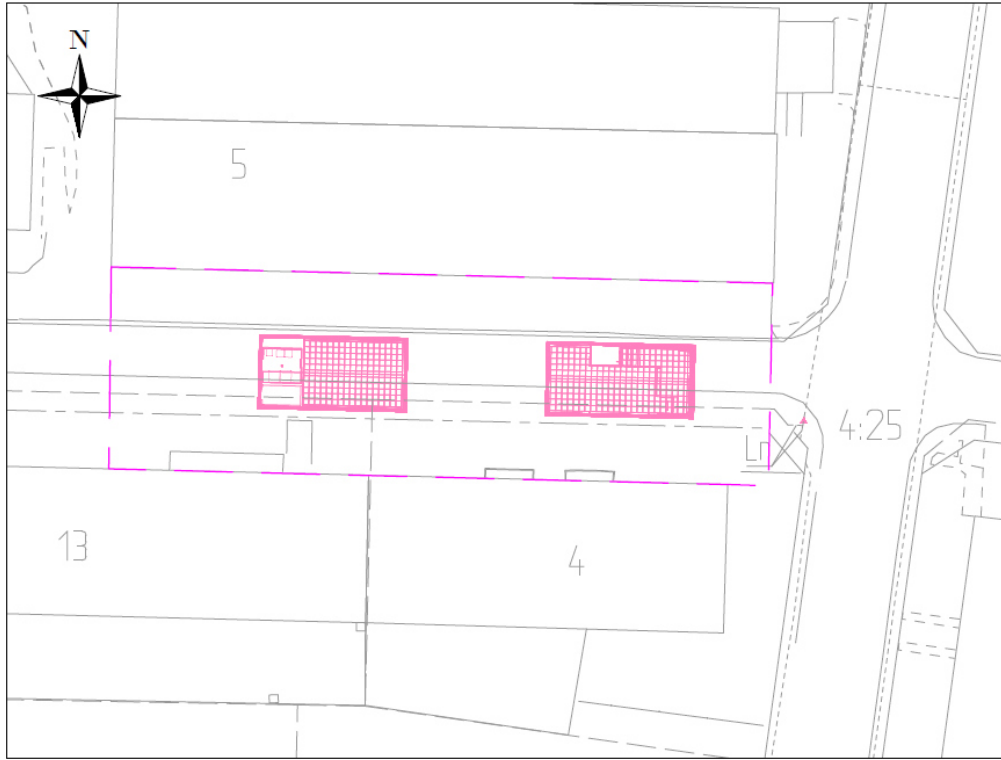
HGS 2 alternatyva



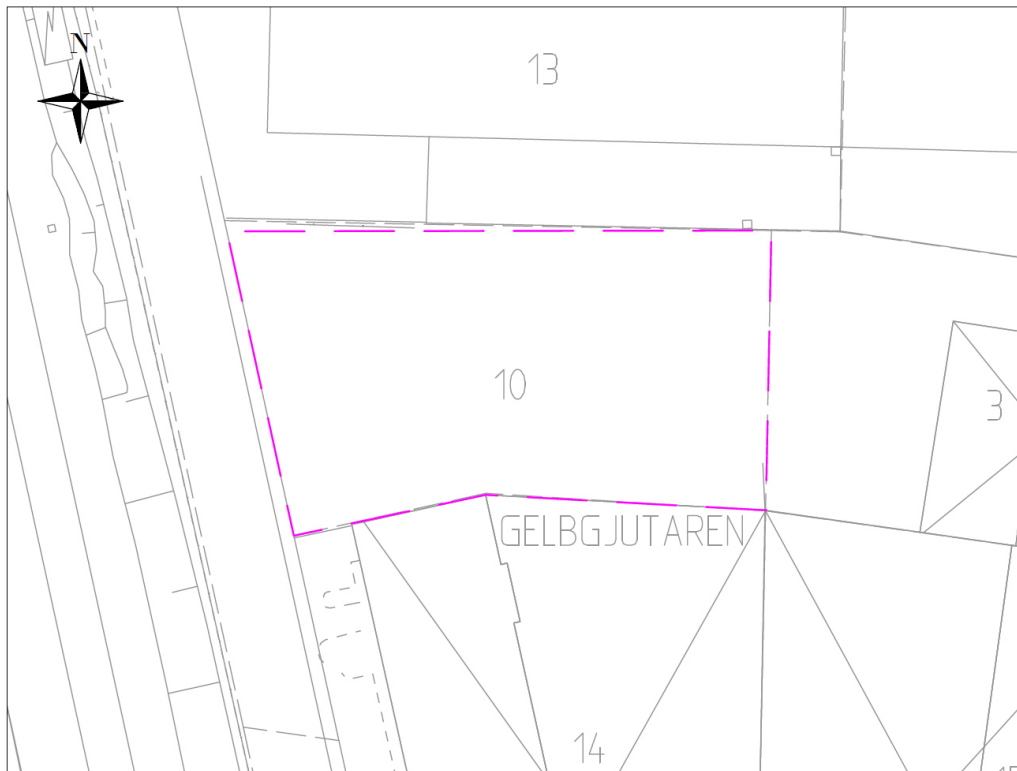
HGL pietinė stotis



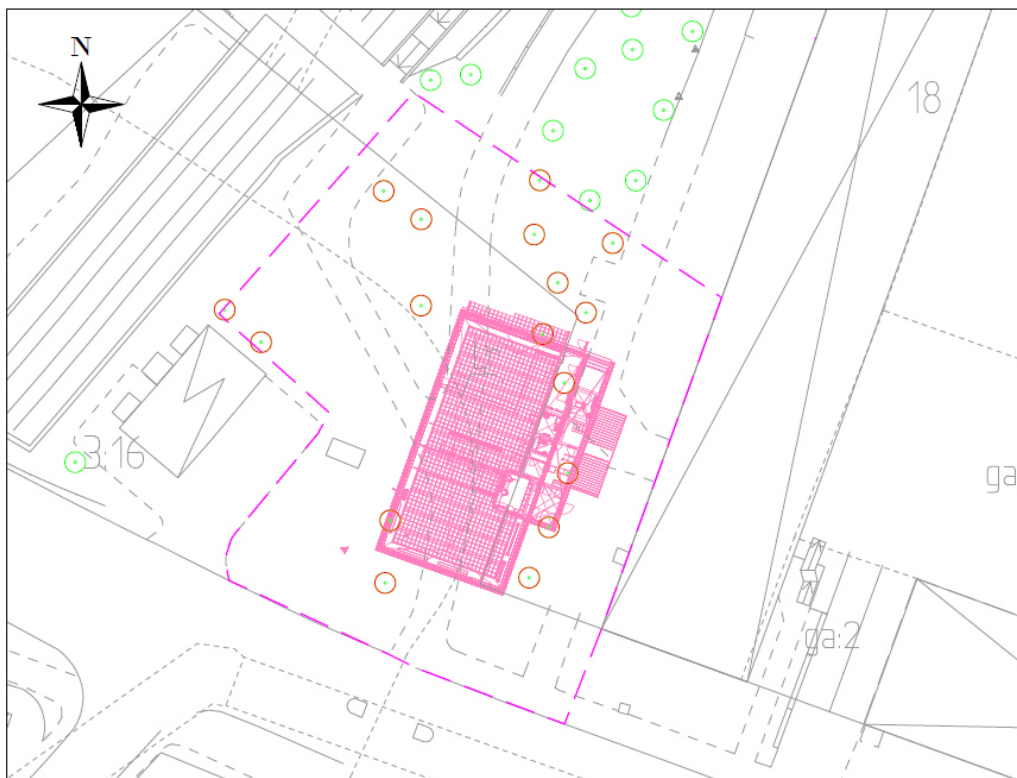
HGL 1 alternatyva



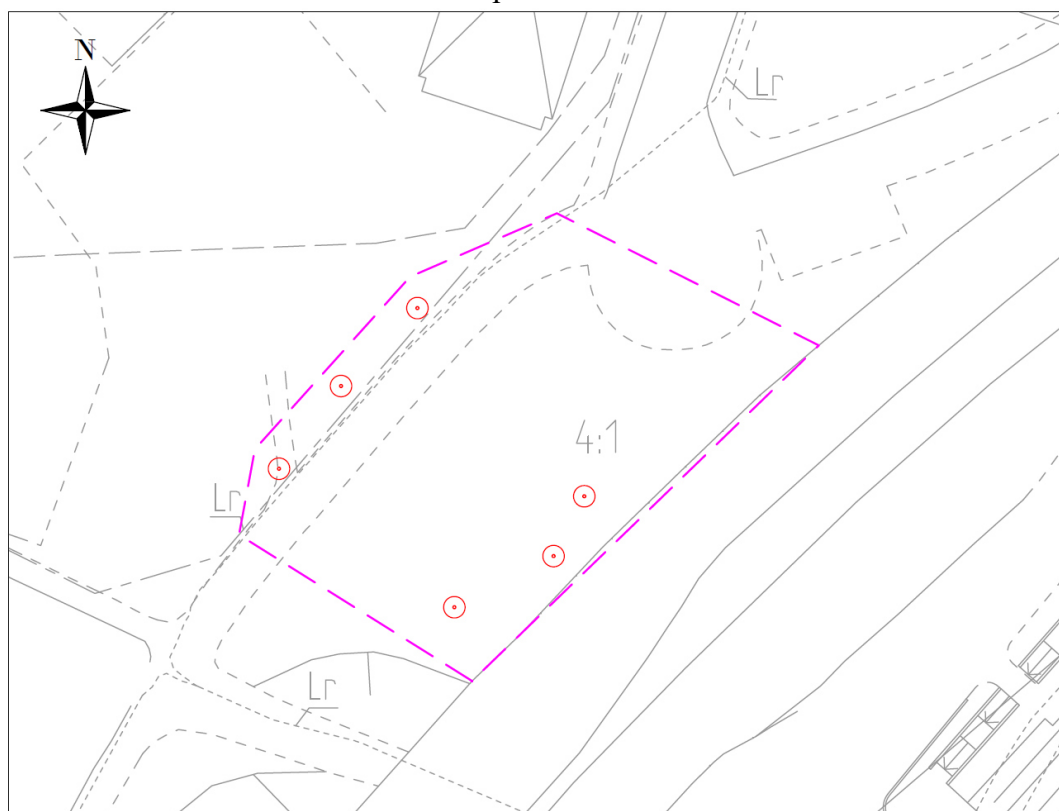
HGL šiaurinė stotis



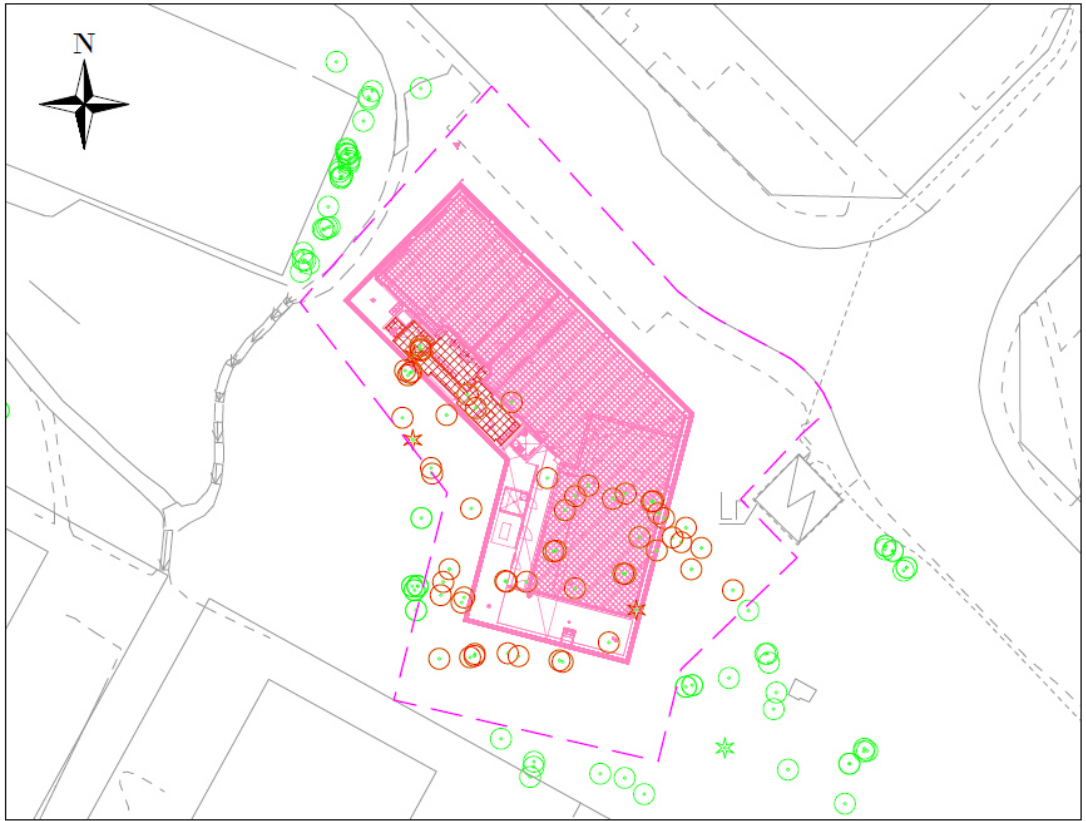
HGL 2 alternatyva



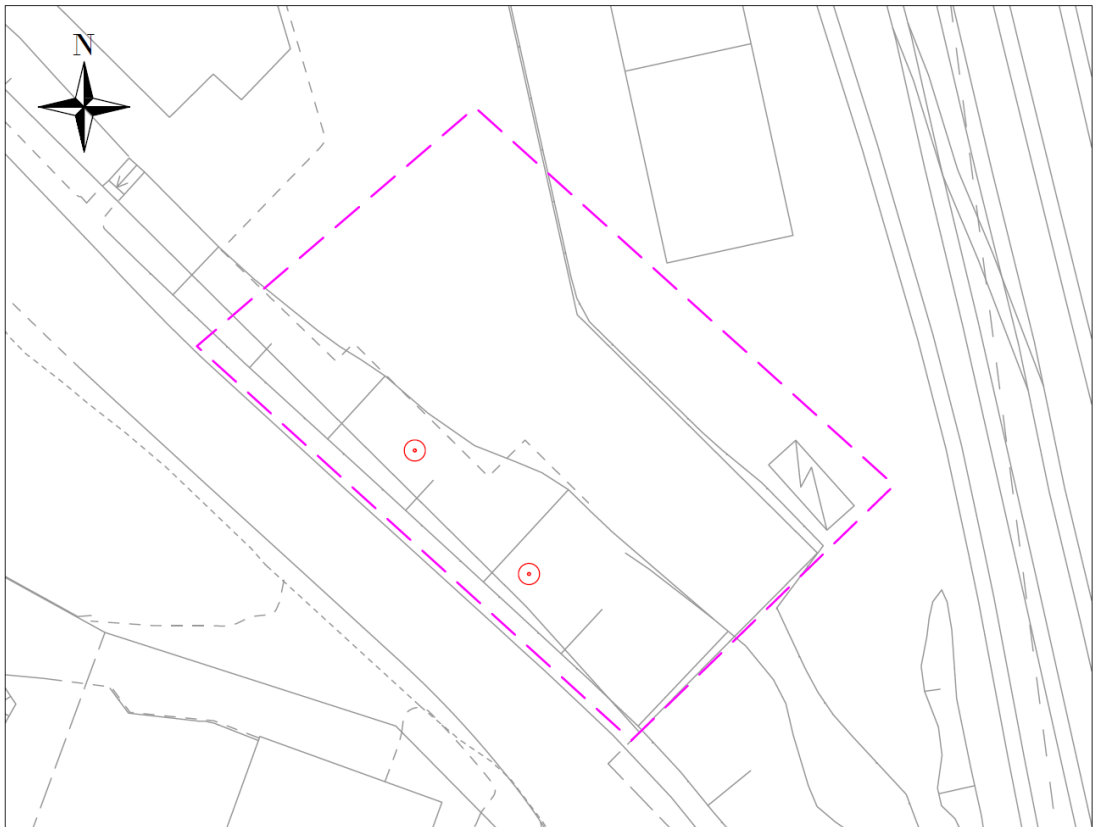
ARS pietinė stotis



ARS 1 alternatyva

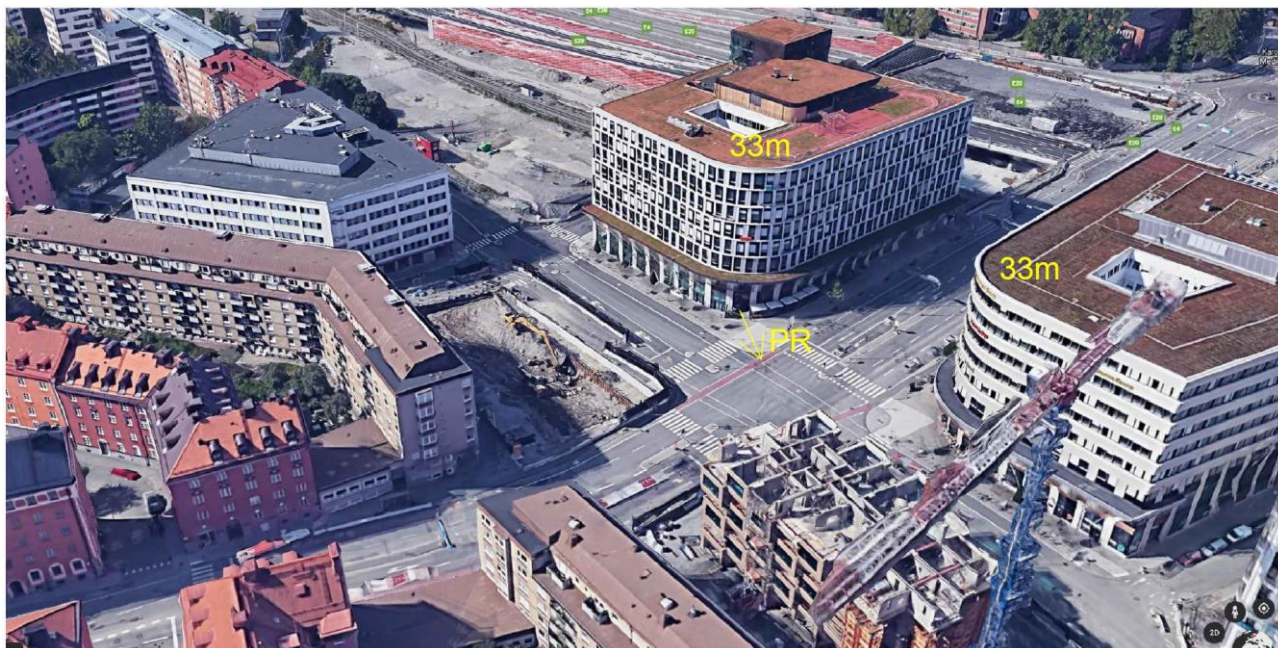


ARS šiaurinė stotis



ARS 2 alternatyva

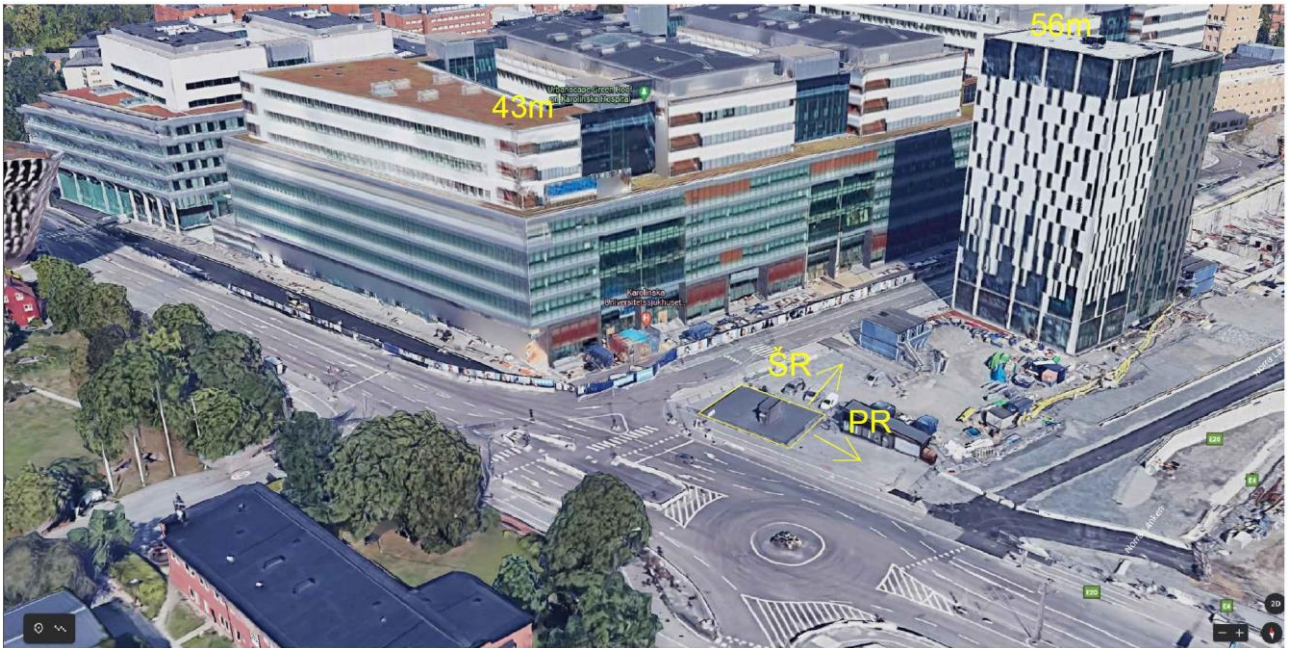
3 priedas. Pastatų aukštingumas aplinkui metro stočių įėjimo vietas



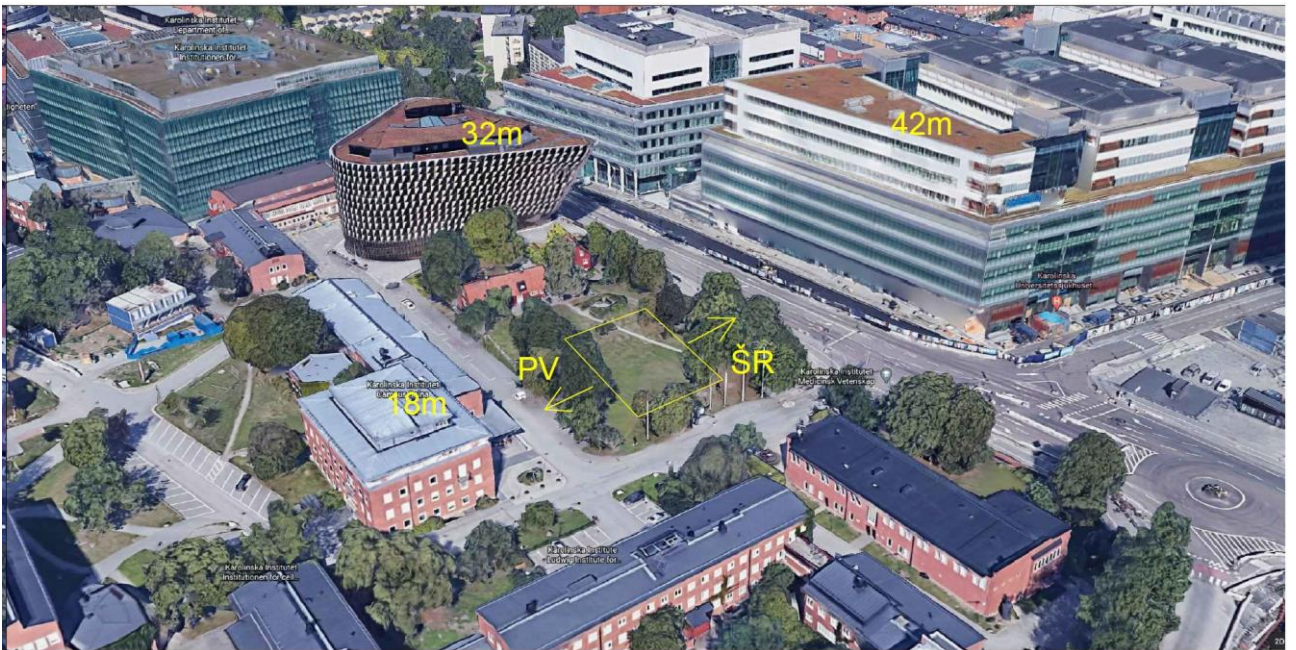
HGS pietinė stotis



HGS 1 alternatyva



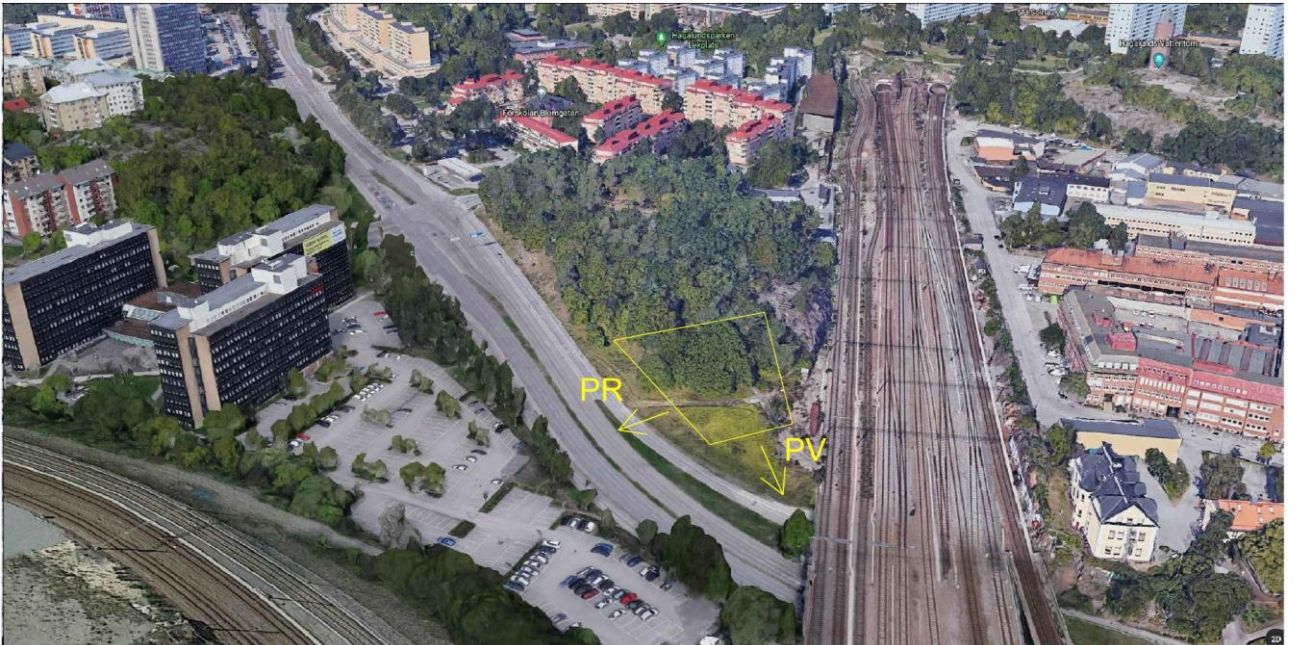
HGS šiaurinė stotis



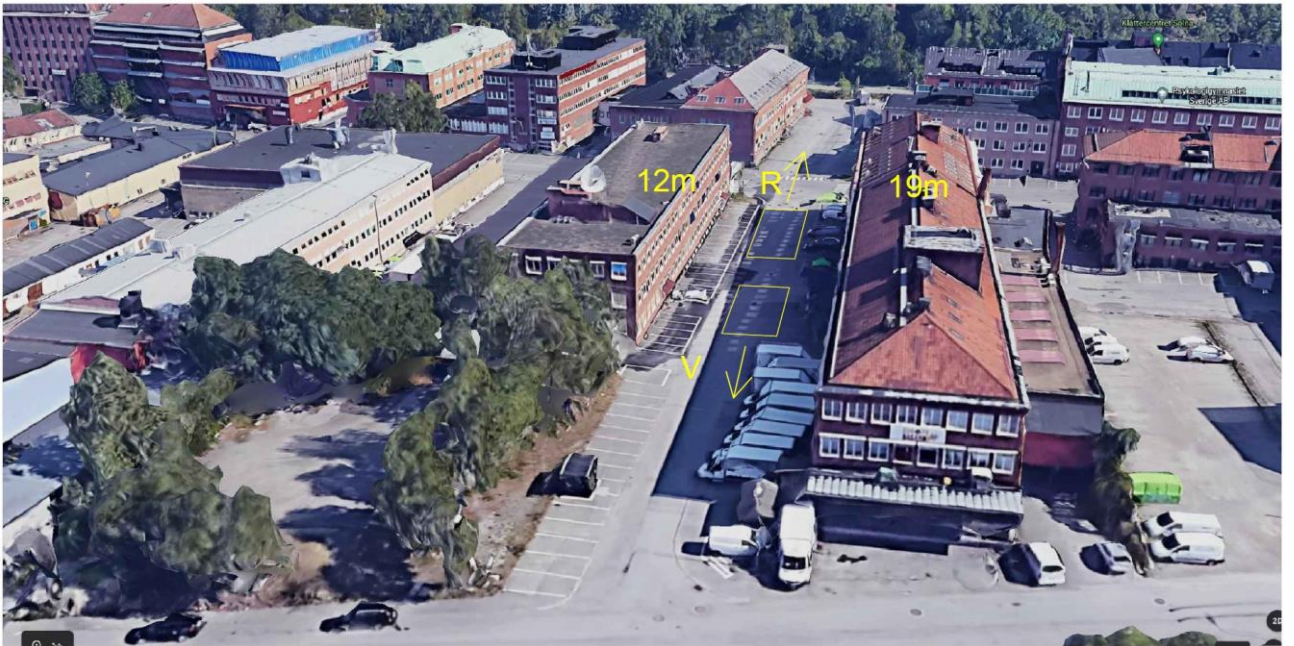
HGS 2 alternatyva



HGL pietinė stotis



HGL 1 alternatyva



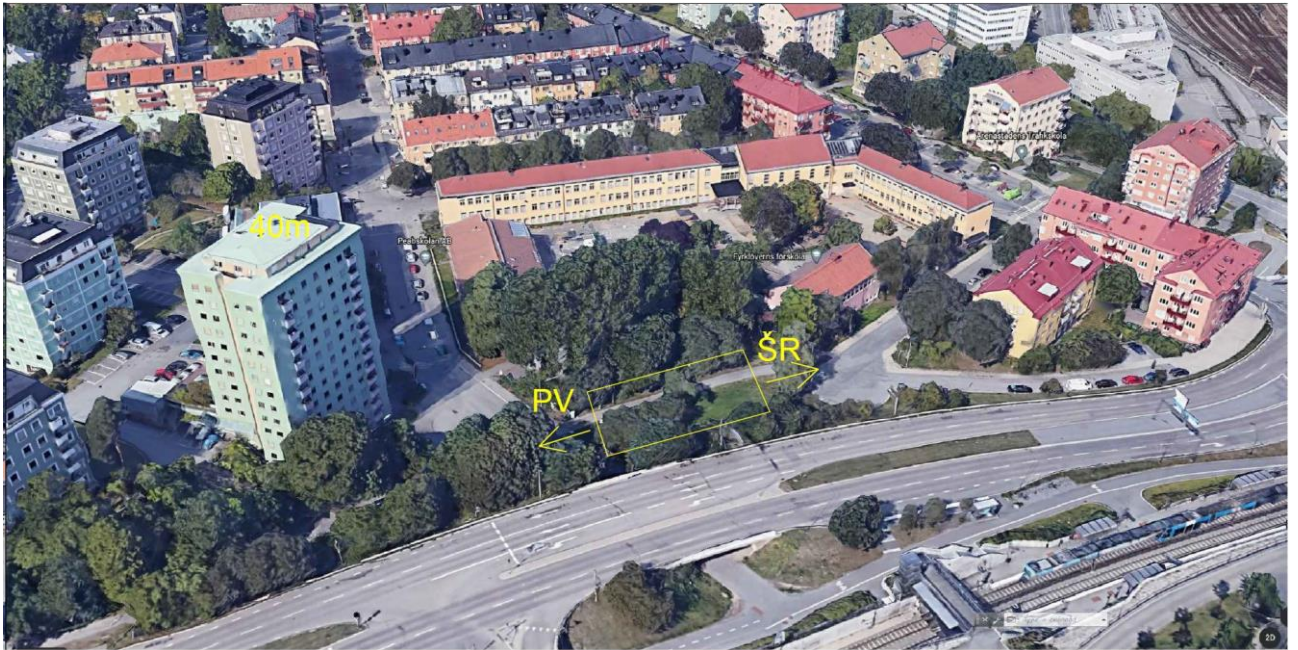
HGL šiaurinė stotis



HGL 2 alternatyva



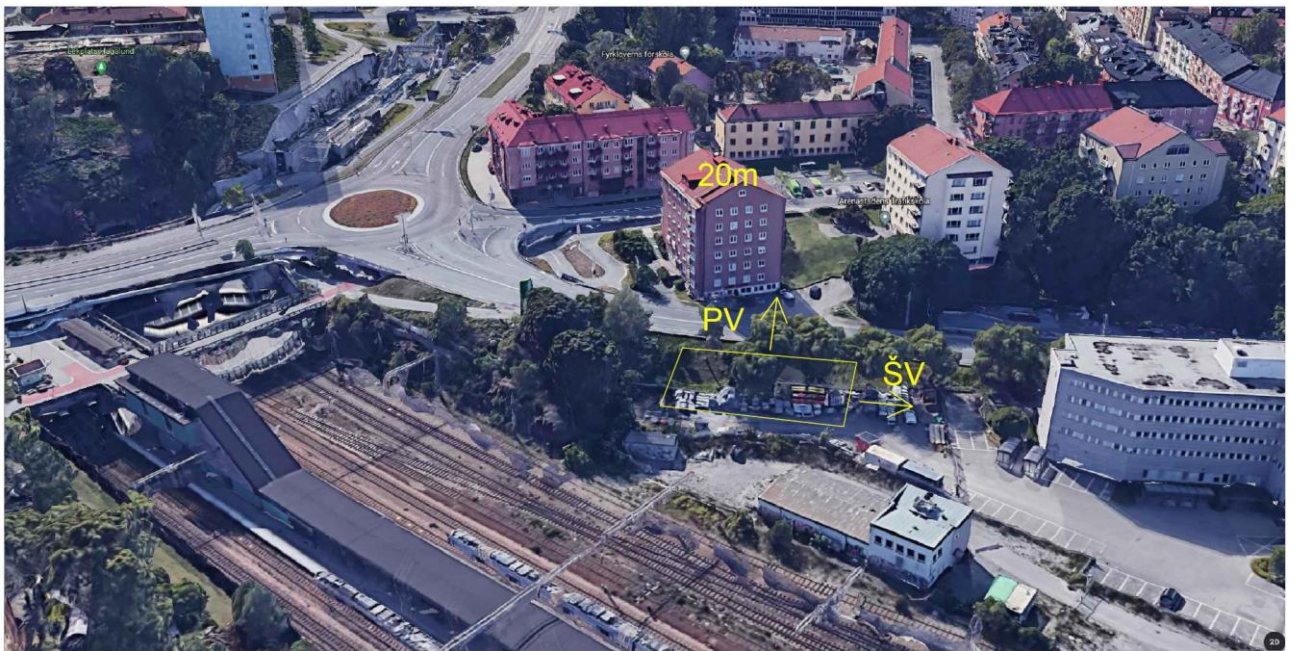
ARS pietinė stotis



ARS 1 alternatyva



ARS šiaurinė stotis



ARS 2 alternatyva

4 priedas. Pašalinamų uolienų kiekis metro stočių statybos vietose ataskaita

4.1 lentelė. Pašalinamų uolienų kiekių metro statybos vietose ataskaita

Tūrio suvestinė		
Vieta	2d plotas	iškasos
	m ²	m ³
HGS pietinė	175.4429	72.8196
ARS 1 alternatyva	248.8908	1484.5129
ARS 2 alternatyva	651.4656	80.2776
ARS pietinė	322.9085	1034.1802
ARS šiaurinė	902.4234	6917.1297
HGL 1 alternatyva	248.8908	575.7783
HGL 2 alternatyva	248.8908	1840.9013
HGL pietinė	553.1472	3876.5684
HGL šiaurinė	344.3928	1623.8796
HGS 1 alternatyva	247.7312	0.0000
HGS šiaurinė	208.4062	0.0000
HGS 2 alternatyva	248.6382	2443.2972